النظام الكوني لتحديد المواقع

Global Positioning System

GPS

المهندس

ضياء الدين أمجد قطيشات



أعد هذا الكتاب

بالإعتماد على الخطط الجديدة لجامعة البقاء التطبيقية

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

النظام الكوني لتحديد المواقع

Global Positioning System

(GPS)

النظام الكوني لتحديد المواقع

Global Positioning System

(GPS)

تاليف

المهندس

ضياء الدين أمجد قطيشات

الطبعة الأولى

2014م – 1435هـ





رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية(2013/9/3360)

523.9

قطيشات، ضياء الدين أمجد

النظام الكوني لتحديد المواقع GPS/ ضياء الدين أمجد قطيشات.-

عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشروالتوزيع.2013

(   ) ص

ر.أ.: 2013/9/3360

الواصفات: /المواقع//الأقمار الصناعية/

• يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

الطبعة العربية الأولى

2014م – 1435هـ



عمان – وسط البلد – ش. السلط – مجمع الفحيص التجاري
تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن
عمان – ش. الملكة رانيا العبد الله – مقابل كلية الزراعة – مجمع زهدي حصوة التجاري
www: muj-arabi-pub.com
Email: Info@ muj-arabi-pub.com
Email: Moj_pub@yahoo.com



دار الإعصار العلمي للنشر والتوزيع

الأردن - عمان - مرج الحمام - شارع الكنيسة - مقابل كلية القدس
هاتف 0096265713906 فاكس 0096265173907
www.dar-aleasar.com

ISBN 978-9957-83-363-3 (ردمك)

المحتويات

الموضوع | الصفحة

الوحدة الأولى

تاريخ ومراحل تطور نظام تحديد المواقع

الوحدة الثانية

مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع

الموضوع	الصفحة

الوحدة الثالثة

طرق الرصد

الوحدة الرابعة

أنواع أجهزة وإشارات تحديد المواقع

الوحدة الخامسة

مصادر الأخطاء وعناصر الدقة

الوحدة الأولى

تاريخ ومراحل تطور نظام تحديد المواقع

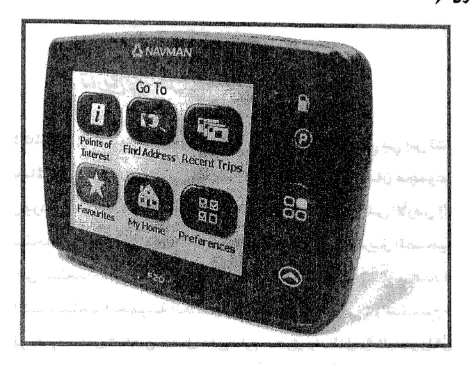
الوحدة الأولى

تاريخ ومراحل تطور نظام تحديد المواقع

GPS refer to Global Positioning System جي بي إس تشير إلى النظام العالمي لتحديد المواقع في العصور القديمة عندما كان مجموعة من الأشخاص يرغبون في الذهاب في رحلة استكشافية في مكان ما على الأرض إلا إنهم كانوا يستخدموا احد أفراد المنطقة كدليل ليرشدهم للطريق الصحيح هذا بالإضافة إلى استخدام البوصلة لتحديد الاتجاهات ولكن ماذا لو فقد هذه الدليل واختفى فكيف ستجد المجموعة الكشفية طريقها لابد أن الأمور ستصبح صعبة، كذلك لو افترضنا أن شخص حصل على قارب بحري وانطلق في البحر ولكن فجأة اكتشف أنه لا يعرف كيف يعود إلى نقطة البداية فهو يحتاج إلى منير شده، فماذا لو كان مرشدك هذا هو مجموعة من الأقمار الصناعية التي تراقبك باستمرار من خلال جهاز استقبال هذا ما يعرف بنظام تحديد الموقع على الأرض والمعروف باسم جهاز GPS.

ففي عالمنا اليوم ومع تطور التكنولوجيا التي جعلت من العالم قرية صغيرة أصبح الاختفاء عن الأنظار أمراً صعب ، فقد انتشرت أجهزة تحديد المواقع والتتبع GPSالتي تستخدم لتزويد المؤسسات بالمعلومات عن حركة منتجاتهم من المخزن إلى أماكن التوريد.

وأيضا تزيد شركات تأجير السيارات الأجرة بأمان تحرك كل سيارة لتحديد اقرب سيارة إلى المتصل بالشركة طالبا وسيلة نقل له!!
بأقل من 100 دولار يمكنك الحصول على جهاز بحجم الجوال يخبرك بموضعك على الأرض في أي لحظة وفي أي مكان هذا الجهاز هو جهاز استقبال GPS والذي يعني نظام تحديد الموقع.Global Positioning System.



جهاز من شركة كومباك يستخدم نظام GPS لتحديد الموقع

وأيضاً تم استحداث عدد من الأنظمة الالكترونية وتحديد المواقع ولكن كل هذه الأنظمة كانت محدودة النطاق والفاعلية، وكانت تعتمد على إشارات تبثها محطات متفرقة على سطح الأرض، كما أن المعلومات لم تكن بالدقة المطلوبة.

وقد بدأ استخدام هذه الأنظمة الالكترونية في منتصف القرن الماضي، ومن أهم هذه الأنظمة نظامي لوران (Loran)، ودكا (Deca) وهما يستخدمان بصفة خاصة في الملاحة البحرية، ويعملان على أساس نظم الراديو التي تعتبر جيدة الاستخدام في النطاقات الساحلية حيث تتوافر شبكات الاتصال بين النظامين، إلا انها لا تغطي مساحات كبيرة من اليابسة، فضلاً على أنها تتسم بتفاوت دقتها حسب الاختلافات المكانية، ومازالت بعض هذه الأنظمة يستخدم حتى وقتنا الحاضر في توجيه السفن والطائرات، ثم ظهر مؤخراً نظام الأقمار الصناعية. وكانت أول محاولة للاستفادة من الأقمار الصناعية كانت في المنظومة (سات – ناف) (SAT–NAF) أو ما يعرف بأقمار الترانزيت (Transit System)، ولكنها اثبتت فشلها نظراً لكونها تستخدم أقماراً صناعية منخفضة المدار وعددها محدود وقليل.

وبالتالي لا يمكن الحصول على نتائج محددة بصفة دائمة بسبب ترددات أجهزتها الصغيرة، كما أن أي تحرك بسيط لجهاز الاستقبال يسبب أخطاء فادحة في تحديد الموقع.

وقد بدأ نظام تحديد الموقع باستخدام الأقمار الصناعية من قبل الولايات المتحدة الأميركية عام 1974م بواسطة وزارة الدفاع في أمريكا (Department of Defence) وتعرف اختصاراً (DOD)، وقد تم حينها بناء نظام (NAVSTAR GPS) وهي كلمة مختصرة من:

(Navigation Satellite Timming and Ranging) (Global Positioning System)

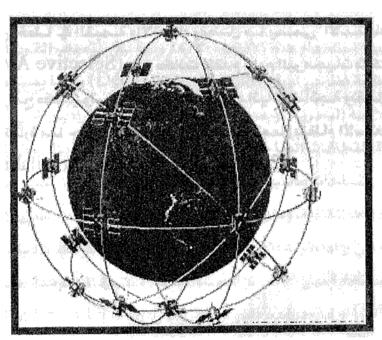
وكان النظام وقتها مقصوراً على الاستخدامات العسكرية فقط حتى عام 1983 م عندما سمح باستخدامه للأغراض المدنية. وكان هذا السماح نتيجة التوصل إلى تقنية جديدة تسمح بفصل النظام إلى جزأين (عسكري – مدني) ويعتبر الجزء العسكري الأدق من الجزء المدني نتيجة لاستخدامه تقنيات عالية غير مسموح باستخدامها إلا للقوات الأمريكية وحلفائها، أما الجزء المدني فيتعرض إلى خطأ في القيمة والاتجاه بفضل ما يسمى "الاستفادة المختارة" (Selective Availability)، وإن كانت بتقدم علوم البرمجيات تمكن الباحثون من إنتاج برامج كمبيوتر تزيد من دقة الإحداثيات الناتجة وتقلل من تأثير الاستفادة المختارة مما جعل الإدارة الأمريكية توقف العمل بنظام الاستفادة المختارة (SA) (Selective Availability) في 1 مايو 2000م.

ما هو نظام GPS؟

في عام 1973 م بدأت وزارة الدفاع الأمريكية العمل لاستحداث نظام عالمي لتحديد المكان بالأقمار الصناعية، لذلك صمم نظام GPS ليوفر تغطية كاملة وبدقة عالية لتغطية الاحتياجات العسكرية بالدرجة الأولى وتأتي الاحتياجات المدنية بالدرجة الثانية.

حيث أنه في عام 1980م سمحت الحكومة الأمريكية بأن يكون هذا النظام متاحاً للاستخدامات المدنية. ونظام الـ GPS يعمل تحت جميع أنواع الظروف الجوية، وفي كل مكان في العالم، وعلى مدار 24 ساعة في اليوم، ولا يجب الاشتراك من أجل الحصول على هذه الخدمة كما أنها مجانية.

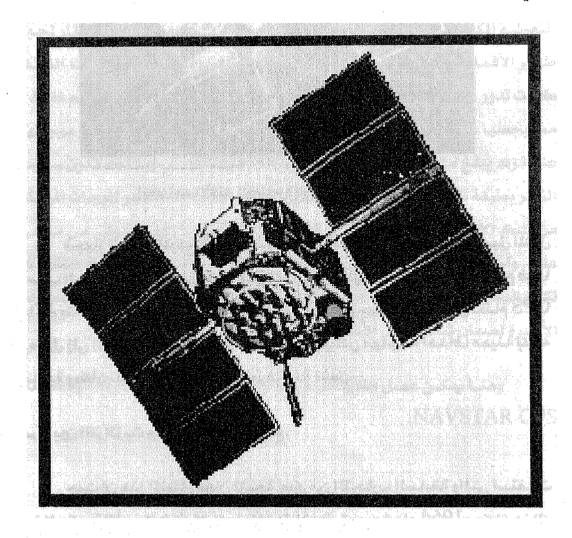
ويعد نظام الـ GPS هو النظام الرئيسي لتوجيه الملاحة الجوية لأغلب الطائرات المدنية والعسكرية وأيضاً يستخدم في مجالات المساحة لمهندسي المساحة (مهندس مساحة – قسم مدني) وأيضا في أنظمة المعلومات الجغرافية (Geographic Information System GIS).



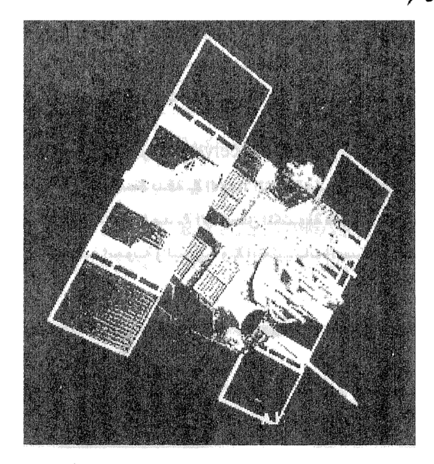
شبكة الأقمار الصناعية المتكاملة في نظام GPS

أنظمة تحديد الموقع Global Positioning System–GPS هي عبارة عن منظومة من 27 قمر صناعي يدور حول الكرة الأرضية (فعليا 24 قمر صناعي مستخدم و3 اقمار احتياطية تعمل في حالة تعطل أي من الأقمار الرئيسية).

وأنظمة استقبال المعلومات GPS Receiver من GPS تشبه أجهزة الجوال تستطيع تحديد موقعك بدقة في الأبعاد الثلاثة على سطح الأرض. ويكون هذا النظام فعالاً في حالة التواجد في الأماكن المكشوفة فتستخدم في الرحلات الاستكشافية وفي الملاحة الجوية والبحرية وفي التطبيقات العسكرية والتطبيقات المدنية.



أحد الأقمار الصناعية العاملة في نظام GPS



أيضا أحد الأقمار الصناعية العاملة في نظام GPS

فجهاز تحديد الموقع GPS يستخدم في الحروب الحديثة على سبيل المثال فبحرب الخليج، هذا الجهاز جعل من الحرب وكأنها لعبة كمبيوتر يقوم فيها المهاجم بتحديد إحداثيات الهدف بدقة، والقذيفة الموجهة تعتمد على نظام GPS للوصول إلى الهدف المحدد. فقد شاهدنا كيف يمكن مهاجمة أهداف معينة بدقة متناهية وكأن تلك القذائف ترى وتعرف ماذا تفعل.

الفرق بين الترانزيت ونظام تحديد المواقع:

حيث إن هذا النظام كان نتيجة عدد من التجارب السابقة والتي استفادت منها الحكومة الأمريكية، فمنذ الستينات الميلادية وتحديداً عام 1964م كان هناك ما يسمى بنظام الترانزيت Transit والذي يعتبر من أوائل أنظمة تحديد المواقع، وقد حظي بالمتابعة من قبل الحكومة الأمريكية ممثلة بوكالة ناسا NASA لعلوم

الفضاء وزارة الدفاع والجيش، وقد انشأ هذا النظام عدة تطبيقات في هندسة المساحة والجيوديسيا، وكان الهدف الأساسي منه هو تأسيس شبكة تحكم فضائية على نطاق واسع على أكبر عدد من مناطق العالم.

وقد ساعدت أقمار الترانزيت في تأسيس مرجع إسنادي مركزه هو مركز الأرض ويربط بالمرجع المحلي، ولكن لسوء الحظ إن هذا النظام كان غير قادر على إيجاد الدقة المطلوبة. حيث كانت دقة النظام في أفضل الظروف تصل إلى عدة أمتار، وذلك على مدة رصد تزيد على اليوم الكامل، وذلك بسبب أن عدد الأقمار الصناعية الموجودة في هذا النظام ستة أقمار صناعية فقط، وهذه الأقمار لا توفر التغطية الكاملة لجميع مناطق العالم في أي وقت، مما جعل وقت الانتظار لحين ظهور الأقمار الصناعية في حدود ساعة ونصف بالإضافة إلى أن أقمار هذا النظام كانت تدور حول الأرض على ارتفاعات متدنية (تقريباً حوالي 1100 كم فقط)، مما يجعلها متأثرة أكثر بمجال الجاذبية الأرضية وأقمار الترانزيت ترسل موجاتها عند تردد يبلغ ما بين 150 ميجا هيرتز و400 ميجا هيرتز، وبذلك تكون سريعة التأثر بطبقة الأينوسفير وكان من الممكن تفادي انكسارات وتأخر الموجات المرسلة من تلك الأقمار الصناعية بجعل تردد الموجات الكهرومغناطيسية أعلى من ما هي عليه. وأخيراً فإن تقنية الساعات الموجودة داخل الأقمار الصناعية في تلك الفترة لم تكن بالدقة التي وصلت إليها اليوم، وذلك نتيجة التطور المهم والفعال في السنوات الأخيرة لضمان ثبات إرسال الأقمار الصناعية للموجات المرسلة إلى الأرض.

وهنا يمكن عمل مقارنة بين نظام الترانزيت TRANSIT ونافستار NAVSTAR GPS.

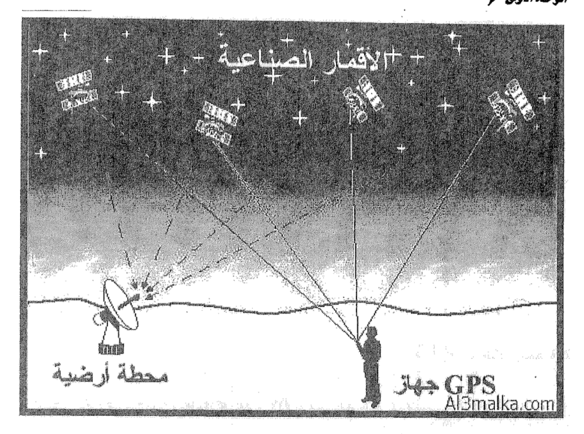
عناصر المقارنة	الترانزيت TRANSIT	نافستار GPS
عدد الأقمار	6 أقمار	24 قمر
ارتفاع مدارات الأقمار الصناعية عن سطح الأرض	11000 كم	20200 كم
زمن دورة القمر الصناعي حول الأرض	107 ساعة	12 ساعة
إمكانية الرصد	في أوقات محددة	في أي وقت
نصف قطر المدار	7450 كم	26500 كم
فترة الرصد	4 أيام	ساعتان
الدقة الممكنة	عشرات السنتيمترات	مليمترات

فكرة عمل نظام الـ GPS:

لقد تم تطوير هذا النظام على مدار 20 سنة في الولايات المتحدة الأمريكية USA منذ 1973 وبميزانية تقارب عشرات المليارات من الدولارات، حيث أن النظام يتكلم من مرسل ومستقبل Transmitter&Reciever فأما المرسل فهو عبارة عن شبكة عمل أقمار صناعية تدور حول الأرض مرتين يومياً بارتفاع 19300 كيلومتر أي تقريبا 19 الف كيلو متر وهي موزعة على 8 مستويات دوران كل مستوى يصنع 55 درجة معا لآخر ويوجد في كل مستوى 3 أقمار صناعية، أذن 3 أقمار × 8 مستويات = 24 قمر صناعي في كل المستويات + 3 أقمار احتياطية إذن الناتج = 27 قمر صناعي.

والسؤال؟ لماذا نستخدم ثلاث أقمار صناعية في كل مستوى وليس قمر صناعي واحد فقط؟

تخيل أنك فقدت الاتجاهات تماما في أحد المناطق في الصحراء وقابلت أحد الأشخاص، وأخبرت بأنك على بعد 500 كيلو متر من مدينة 1، تعلم أن هذه المعلومة لن تفيدك كثيرا في تحديد موقعك !! لأنك تستطيع رسم دائرة حول مدينة 1 نصف قطرها 500 كيلو ويمكن أن تكون أنت في أي جزء فيها. وتخيل



أما ما يخص جهاز الاستقبال (GPS) لديك فإنه يجب أن يعرف شيئين أساسيين ومهمين:

1. أين هذه الأقمار الصناعية؟ (الموقع).
2. كم تبعد هذه الأقمار عن الجهاز؟

حيث يقوم الجهاز بالتقاط معلومات من الأقمار الصناعية تتضمن مواقع تلك الأقمار التقريبية، وهذه المعلومات ترسل باستمرار ويقوم الجهاز بتخزينها من أجل معرفة مدار كل قمر، وأين يجب أن يكون، وهذا النوع من المعلومات يحدث باستمرار من قبل المحطات الأرضية التي تحدثنا عنها سابقاً، فهي تزود القمر بموقعه الصحيح ومساره والقمر بدوره يرسل هذه المعلومات إلى جهاز الاستقبال لديك.

إذن من خلال استلام المعلومات يحدد الجهاز مواقع الأقمار طوال الوقت والذي يختص بالمسافة فإن الجهاز بعد تحديد مواقع الأقمار في الفضاء بكل دقة

– كما أسلفت أعلاه – لا يزال يحتاج أن يعرف كم تبعد عنه هذه الأقمار (المسافة) ويستطيع عمل ذلك عن طريق معرفة الوقت الذي استغرقته الإشارة للوصول، وهذا يتم تحديده بمعرفة وقت انطلاقاً لإشارة من القمر ووقت استلامها وفارق الوقت بينهما هو الوقت الذي استغرقته الإشارة في الفضاء من أجل الوصول إلى الجهاز، طبعاً القمر الصناعي مزود بتوقيت دقيق جداً، وكذلك الجهاز لديك وإن كان أقل دقة.

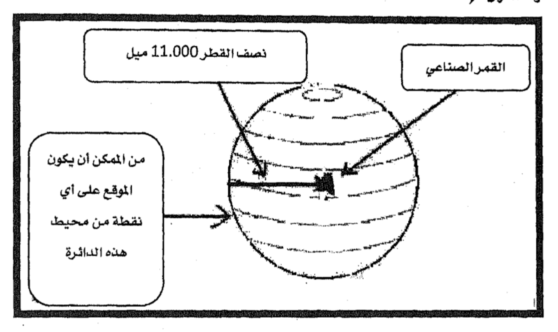
ولتبسيط الأمر أقول: كأن القمر يقول للجهاز إن هذه الإشارة انطلقت في الساعة... والجهاز ينظر إلى ساعته متى استلم هذه الإشارة الآن وقد حدد الزمن الذي أخذته الإشارة للوصول .

فإن القاعدة تقول: الزمن × السرعة = المسافة

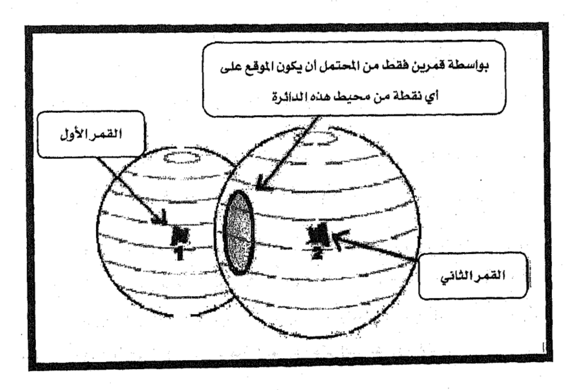
تذكر عندما كنا صغاراً إذا أردنا أن نعرف هل السحاب بعيد أو قريب بأن نحسب الوقت بين مشاهدة البرق وسماع الرعد فإن كان الزمن بينهما كبير فإن السحاب بعيد، وإن كان الفرق قليل فإن السحاب قريب؟ هذه نفس الفكرة: الجهاز لديك يضرب الزمن في سرعة موجات الراديو البالغة 186.000 ميل في الثانية والنتيجة هي المسافة بين القمر الصناعي والجهاز.

الآن حددنا أهم شيئين في العملية وهما: موقع القمر والمسافة بيننا وبينه، وبذلك يستطيع الجهاز أن يحدد موقعه كما يلي:

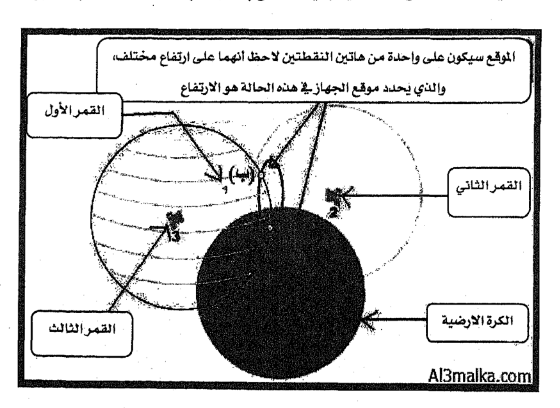
لنفرض أننا على بعد 11.000 ميل من القمر الصناعي الأول بهذه الحالة سيكون موقعنا في أي نقطة من ملايين النقاط على محيط دائرة نصف قطرها 11.000 ميل يكون القمر الصناعي في وسطها، ولذلك فإن قمراً واحداً لا يكفي لتحديد موقع الجهاز. ولتقريب هذه الفكرة انظر إلى الصورة التالية:



ولنفرض أننا على بعد 12.000 ميل من قمر ثانٍ، هذا القمر الثاني سيرسل إشارات تتقاطع مع إشارات القمر الأول مكونة دائرة، والموقع سيكون على أي نقطة من محيط هذه الدائرة، مرة أخرى يستحيل تحديد الموقع بقمرين فقط.. انظر الصورة.



ولذلك نحن بحاجة إلى أن نضيف قمراً ثالثاً ولنفرض أنه على بعد 13.000ميل سيصبح لدينا نقطتان: (أ) و (ب) جراء تقاطع الدوائر الثلاث للأقمار الصناعية الثلاثة، لكن النقطتين بعيدتان عن بعضهما بعداً شاسعاً، انظر الصورة.



ومع العلم إنه أصبح لدينا نقطتان فقط فإن تحديد أيهما موقع الجهاز يتطلب منك إدخال الارتفاع في موقعك من أجل أن يعرف الجهاز أي النقطتين هو فيها. وعلى كل لو قمنا بإضافة قمر رابع يستطيع الجهاز أن يحدد ثلاثة أبعاد (3D) وهي: خط الطول + خط العرض + الارتفاع.

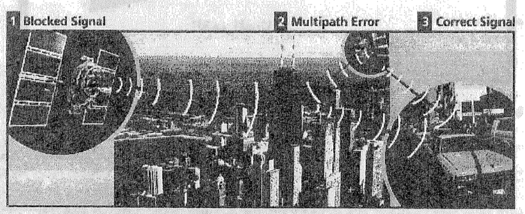
مصادر الخطأ في إشارة الـ:

أجهزة الـ GPS في السنوات الأخيرة أصبحت دقيقة جداً بشكل فائق حتى أن معدل نسبة الخطأ انخفض إلى 15 متراً فقط !!، وذلك بفضل تطور برامج وقطع الاستقبال داخل الجهاز، على أن الأمر لا يخلو من بعض العوائق التي تؤثر على دقة أجهزة الـ GPS.

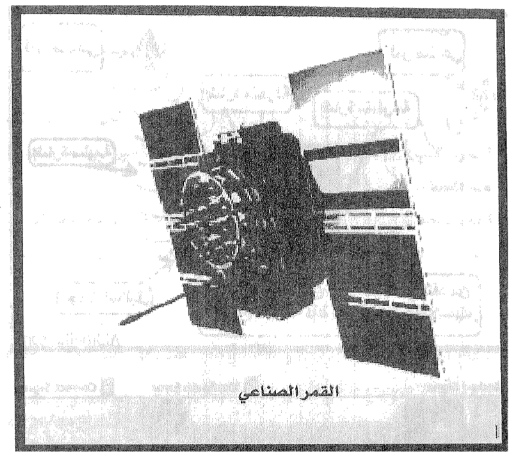
ما هي أهم مصادر الخطأ في هذا المجال؟

1. أخطاء ناتجة عن بطء الإشارة من القمر الصناعي، وذلك لأن الإشارة تقل سرعتها عندما تجتاز الغلاف الجوي في طريقها إلى الجهاز، وعادة تكون أجهزة الاستقبال مزودة بنظام يقوم بحساب معدل التأخير من أجل تصحيح هذا الخطأ.
2. أخطاء ناتجة عن انعكاس أو ارتداد الإشارة نتيجة اصطدامها بعوائق مثل البنايات الطويلة أو الصخور والجبال.. إلخ. وهذا من شأنه أن يزيد من سرعة انتقال الإشارة وبالتالي يسبب أخطاء.
3. أخطاء ناتجة بسبب الساعة الداخلية للجهاز ؛ لأن هذه الساعة ليست بالدقة التي عليها الساعة الذرية الموجودة في القمر الصناعي، ومن أجل ذلك قد يكون هناك أخطاء بسبب التوقيت.
4. أخطاء تحدث بسبب عدم دقة المعلومات التي يرسلها القمر الصناعي عن موقعه في الفضاء.
5. عدد الأقمار الصناعية التي يستطيع الجهاز رؤيتها ؛ فكلما زاد عدد الأقمار زادت الدقة والعكس صحيح ؛ فالمباني والمجالات الكهربائية والمغناطيسية تسبب عدم رؤية الجهاز للأقمار وبالتالي تسبب قطع الإشارة وتسبب الأخطاء في التحديد أو حتى احتمال عدم قدرة الجهاز على تحديد الموقع نهائياً.





هذه الأقمار تدور في مدارات حول الأرض بسرعة تبلغ 7.000ميل في الساعة، وتعتمد على الطاقة الشمسية، كما أنها مزودة ببطاريات قابلة للشحن من أجل ضمان استمرار عملها في حالة انعدام الطاقة الشمسية، ويوجد على كل قمر صاروخ صغير من أجل أن يسيّر القمر في طريقة الصحيح.



الأطراف الجانبية للقمر هي من تقوم بعملية الشحن لها من الطاقة الشمسية

بعض الحقائق عن تلك الأقمار الصناعية:

1. أول قمر صناعي أطلق كان في عام 1978م.
2. تم الانتهاء من إطلاق جميع الأقمار وعددها 24 قمراً في عام 1994م.
3. العمر الافتراضي لكل قمر هو عشر سنوات علماً بأن البدائل لهذه الأقمار أطلقت في مداراتها.
4. يزن القمر الصناعي ما يقارب الطن الواحد، وقطره 6 أمتار تقريباً بما في ذلك شرائح الطاقة الشمسية الممتدة على جانبي القمر.
5. يستهلك القمر فقط 50 وات أو أقل من الطاقة في حالة الإرسال.
6. هذه الأقمار الصناعية تبث نوعين من الإشارات المنخفضة: L1 وL2 وL1 للاستخدامات المدنية بذبذبة مقدارها 1575.42 MH أي 1.5 جيجا هيرتز على UHF - Ultra High Frequency.

كل قمر من الأقمار الـ 24 يرسل باستمرار على نفس التردد إشارة كهرومغناطيسية Electro Magnetic Waves محملة على موجة ترددها MHz1575 كل قمر صناعي له شفرة معينةCode خاصة به ترسل مع الإشارة الحاملةCarrier Signal وبالتالي يمكن لأي قمر صناعي يلتقط هذه الشفرة أن يحدد مكان وزمان تواجد هذا القمر.

أما المستقبل Reciever فهو جهاز فيحجم راديو صغير يحتوى على دوائر إلكترونية معقدة يتحكم بها ميكروبروسسر Microprocessor متطور يقوم المستقبل بتحديد الموقع باستخدام طريقتين مختلفتين الأولى تعتمد على – إزاحة دوبلرDoppler Shift - للإشارات الكهرومغناطيسية المرسلة من الأقمار الصناعية وهذه الإزاحة تكون ناتجة عن السرعة النسبية بين الأرض والأقمار الصناعية. لأقمار الصناعية.

أما الطريقة الثانية تعتمد على قياس التأخير الزمني بين الإشارات الكهرومغناطيسية Electro Magnetic Waves الواصلة من الأقمار الصناعية وهذه المعلومات المستقبلة من الأقمار الصناعية تدخل إلى الميكروبروسيسور Processor Micro وتتحد مع المعلومات المخزنة عن كل قمر صناعي من حيث مداره وسرعته وموقعه وبعد عدة عمليات حسابية معقدة يحدد المستقبل GPS Reciever موقعه على سطح الأرض ويظهر النتائج على جهاز الـ GPS.



صور للـ.GPS Reciever

استخدامات نظام الـ GPS الحالية والمستقبلية:

كثيرون جدا الذين يستخدمون هذا النظام مثل البواخر الكبيرةوحتى القوارب الخاصة تستعين بالـ GPS لتحديد موقعها في البحار والمحيطات كذلك شركات النقل تستخدم هذا النظام لتحديد مواقع سياراتها فمثلا شركات السيارات الأجرة في أوربا تستخدم الـ GPS حتى ترسل أقرب سيارة متواجدة بجوار صاحب الطلب.

قريبا جددا سوف يثبت في كل سيارة جهاز مستقبل يقوم بإرشاد السائق إلى أسهل الطرق ليصل إلى مقصده وهذا الجهاز مزود بخرائط الكترونية لشوارع العالم وعن طريق المعلومات التي يستقبلها من الأقمار الصناعية يمكن معرفة الشوارع المزدحمة وتجنبها وحاليا يرجى في اليابان تطوير سيارات تستعين بال GPS والخرائط الالكترونية فى تمكين السيارة من معرفة الطريق دون الحاجة إلى قائد السيارة عن طريق محس الكتروني مثبت في السيارة وقد نجحوا في تحقيق ذلك عند سرعة لا تزيد عن 15 كيلو متر في الساعة.

أما في مجال الطائرات فاستخدام هذا النظام يمكن التحكم في حركة الطائرات في الجو والسماح للطائرات بالطيران على مسافات متقاربة من بعضها البعض للتخفيف من الازدحام الملحوظ في المطارات.

الدارج في كل مكان بالعالم هو أن الـ GPS هو نفس الـ Navigation أو (نظام الملاحة) ولكن هذا خاطئ. والسبب في ذلك أن ليس جميع أنظمة تحديد الموقع (GPS) يوجد فيها نظام الملاحة أو Navigation.

نظام الـGPSوظيفته فقط إعطاء الإحداثيات على الكرة الأرضية... أما نظام الملاحة Navigation، فهو عبارة عن جهاز (كمبيوتر) ملاحة بالإضافة إلى نظام GPS, نظام الملاحة يستخدم GPS لتحديد موقع السيارة (او القارب...) ومن ثم البحث عن الطريق الأنسب إلى الهدف عن طريق الخريطة الموجودة داخل الـDVD أو القرص الصلب... طبعا عمليات البحث عن الهدف ليس لها أي علاقة بالـGPS سوى تحديد الموقع الحالي + السرعة... ومن المكان الحالي للمركبة + السرعة (بالإضافة إلى سرعة المركبة من ناقل الحركة للتأكيد على سرعة المركبة الفعلية) يتم رسم خطة إلى الهدف المقصود.

جميع أنظمة الملاحة لجميع أنواع السيارات لا تعمل تحديث عن طريق الأقمار الصناعية، التحديث يتم فقط عن طريق إدخال الـ DVD الخاص بالخرائط.

مقدمة من ناحية أخرى مع تطبيقات GPS:

لقد شهدت جميع نواحي الحياة تطورات مذهلة من التكنولوجيا الحديثة الواعدة، أهمها تكنولوجيا الأقمار الصناعية التي نتج عنها ثورة الاتصالات. وما الـ GPS: نظام تحديد المواقع العالمي بواسطة الأقمار الصناعية إلا نتاج هذه الثورة والتقدم المذهل للنشاط الإنساني عبر العالم. ففي عالمنا اليوم ومع تطور التكنولوجيا والعلوم التي جعلت من العالم قرية صغيرة، أصبح الاختفاء عن الأنظار

أمراً صعباً جداً، وغدا الضياع في الأماكن التي لا وجود فيها لنقاط علاّم بارزة مثل البحار والصحارى لا مكان له بوجود أجهزة تحديد المواقع والتتبُّع ضمن منظومة الأقمار الصناعية.

لقد مكننا هذا النظام من رؤية الكرة الأرضية بحجمها الهائل كما لو أنها الكرة الأرضية التي نضعها أمامنا على المكتب نستطيع تدويرها كما نشاء لرؤية أي بلد بتفاصيله وأبعاده ومكوناته من مدن وطرق ومطارات وموانئ ومحطات قطارات.

إنه نظام يمكّننا من رؤية وتتبع حركة سفينة فقدت توازنها وأصبحت خارج التغطية الملاحية البحرية. فما أجمل أن نراقب حركة السير بحيث نستطيع أن نسلك الطريق الأسهل والأقصر للمكان الذي نريد الوصول إليه قبل أو أثناء قيادتنا للمركبة.

واستخدامات كثيرة وفوائد جمة لهذا النظام العصري والمتطور جداً إنه نظام الـ (G.P.S Global positioning system) نظام تحديد المواقع العالمية.

نظراً لأهمية هذا النظام والفوائد التي يُحققها سواءً أكان للاستخدام العسكري أو للمراقبة الدائمة والدقيقة في تحديد المواقع، أم للاستخدام السلمي في تسخيره لخدمة المجتمع وما ينعكس ذلك على التطور والسرعة والدقة في تحديد المواقع وكل ما يرتبط بذلك كالسرعة في توجيه سيارة الإسعاف والإطفاء إلى موقع محدد عبر أقصر الطرق وأسرعها وبدقة عالية.

1. تعريف:

بدايةً كلمة GPS هي اختصار لـ Global Positioning System أي نظام تحديد المواقع العالمي.

طُوِّرت هذه المنظومة من قبل وزارة الدفاع الأمريكية عام 1973م، وبكلفة مقدارها (12) مليار دولار أمريكي، كان الهدف الأساسي من هذه الشبكة من الأقمار الصناعية عسكرياً بحتاً ولكن في عام 1980م سمحت الحكومة الأمريكية بأن يكون هذا النظام متاحاً للاستخدامات المدنية، حيث يعمل هذا النظام في كافة الظروف الجوية وفي كل مكان في العالم وعلى مدار 24 ساعة في اليوم، ولا يُشترط الاشتراك من أجل الحصول على هذه الخدمة لأنها مجانية.

2. أجزاء نظام الـ GPS:

يتكون نظام GPS من ثلاثة أقسام رئيسية:

أ. الجزء الفضائي (Space Segment):

وهو عبارة عن مجموعة من الأقمار الاصطناعية (عددها 24 قمراً) موزعة في (ستة) مدارات وكل مدار يحتوي (أربعة) أقمار صناعية، ورتبت المدارات بحيث يمكن مشاهدة الأقمار الصناعية الأربعة في السماء بآن واحد في أي وقت ومن أي نقطة على سطح الأرض. وقد وجد بالتجربة إنه في أي مكان ليس فيه عوائق على سطح الأرض يمكن للمستخدم مشاهدة عدد من الأقمار يتراوح عددها ما بين ستة إلى عشرة أقمار طوال اليوم.

وتُرسل الأقمار إشاراتها على ترددين من النطاق الترددي (L)، حددهما الاتحاد الدولي للاتصالات International Telecommunications Union وهما: التردد الأول L1:1575.42 ميجا هرتز. والتردد الثاني L2:1227.6 ميجا هرتز.

ب. جزء التحكم والسيطرة (Control Segment):

يتكون هذا الجزء من كل الوسائل المطلوبة للوقوف على مدى صلاحية إشارة الأقمار الصناعية والاتصال بها عن بعد وتتبُّع مساراتها وحساب مواقعها وتصحيح الساعات المحملة عليها والتحكم فيها.

فكرة عمل جزء التحكم الأرضي: تقوم نقط التتبُّع الأرضي بتتبُّع إشارات كل الأقمار الصناعية المتاحة في مجال رؤيتها كل 1.5 ثانية وباستخدام بيانات طبقة الأيونوسفير الجوية المتأينة وبيانات الأرصاد الجوية التي تجمع كل خمس عشرة دقيقة، ونقلها إلى محطة التحكم الأرضية الرئيسية عبر وصلات اتصال أرضية.

وتقوم محطة التحكم الأرضية الرئيسية بالكثير من المهام المهمة منها:

- تجميع البيانات التي ترسل إليها من محطات التتبُّع الأرضية.
- رصد حركة الأقمار، وتحديد مدار كل قمر (أي حساب إحداثيات موضعه) وحساب بيانات مداره ثم إرسالها إلى كل قمر على حدة.
- الوقوف على حالة ساعات كل الأقمار الصناعية وتوقع أدائها ومعرفة مقدار انحرافها عن الوقت الصحيح.
- تصحيح الخطأ والانحراف في ساعات الأقمار الصناعية.

تقوم محطات الاتصال الأرضية بإرسال واستقبال البيانات من وإلى الأقمار الصناعية باستخدام ترددات (S-band) فتقوم الأقمار الصناعية بتحديث مواضعها في مدارها وضبط ساعاتها، ثم ترسل هذه البيانات في إشاراتها إلى المستخدم من خلال ترددات (L-band).

ج. جزء المستخدمين للنظام (User Segment):

يتكون جزء المستخدمين من جهاز مُستقبل يسمى وحدة الاستقبال لنظام الـ (GPS)، ومهمته استقبال الإشارة من مجموعة الأقمار الصناعية وعرضها جاهزة للاستخدام المطلوب.

3. كيفية عمل المنظومة:

تدور الأقمار حول الكرة الأرضية في مدارات محددة ودقيقة جداً مرتين في اليوم الواحد (24 ساعة) وخلال دورانها تبث إشارات تحمل معلومات إلى الأرض. فيقوم جهاز الاستقبال (جهاز GPS) باستقبال هذه المعلومات ويجري بعض العلميات الحسابية ليحدد بالضبط موقع المستخدم. كما تستقبل المحطات الأرضية هذه المعلومات أيضاً من القمر الصناعي، وعلى أساسها تقوم هذه المحطات بتزويد القمر بالمعلومات اللازمة من أجل أن يعمل على الوجه الأفضل، مثل التوقيت والمدار والموقع.. وهذا يعني أن الاتصال مزدوج بين المحطات الأرضية والأقمار الصناعية.

ملاحظة هامة: الاتصال بين الأقمار الصناعية والمحطات الأرضية ثنائي الاتجاه بينما الاتصال بين الأقمار ومستقبل GPS أحادي الاتجاه.

الموجتان الحاملتان Carrier Wave Signals:

وهما أساس إشارة جهاز مستقبل الـ GPS وترددهما داخل حزمة L-Band من الطيف الكهرومغناطيسي. تبث كل أقمار نظام الـ GPS الموجتين الحاملتين بنفس التردد.

إن هاتين الإشارتين موجهتان بشكل عالٍ، وقادرتان على الانتقال عبر طبقات الغلاف الجوي لمسافات كبيرة، ومعرضتان للانعكاس والحجب بواسطة الأجسام الصلبة.

أساسيات تحديد الإحداثيات على الأرض:

الفكرة الأساسية تكمن في استخدام الأقمار الصناعية في الفضاء كنقطة معلومة الإحداثيات لتحديد الإحداثيات على الأرض.

ينبغي على جهاز الاستقبال (جهاز GPS) أن يعرف شيئين أساسيين ومهمين:

1. أين تقع هذه الأقمار الصناعية؟ (الموقع)
2. كم تبعد هذه الأقمار عن الجهاز؟ (المسافة)

الموقع: يستطيع الجهاز المستقبل تحديد الموقع من خلال المعلومات الملتقطة من القمر الصناعي والموجودة ضمن الرسالة الملاحية، وهذه المعلومات يُرسلها القمر باستمرار ويخزنها الجهاز المُستقبل في ذاكرته كما تُحدَّث بشكل مستمر من المحطات الأرضية.

المسافة: بعد أن قام المستقبل بتحديد مواقع الأقمار في الفضاء بدقة، يستطيع الآن تحديد بُعد هذه الأقمار عنه، وذلك عن طريق إيجاد حاصل الضرب بين الفترة الزمنية التي تستغرقها إشارة GPS للانتقال من القمر الصناعي إلى موقع المستقبل وبين سرعة الضوء:

بعد القمر عن موقع المستقبل (كم) = زمن انتقال الإشارة من القمر للمستقبل(ثا) × سرعة الضوء(كم/ثا)

معرفة المسافة لقمر واحد مازالت غير كافية لحساب موقع المستقبل ثلاثي الأبعاد، لذلك يحتاج المستقبل إلى أربعة رصدات لأربعة أقمار مختلفة كي يستطيع تحديد موقعه بدقة.

ملاحظة: تكفي ثلاثة أقمار لتحديد الموقع (خط الطول، دائرة العرض والارتفاع)، وإنما الزيادة في عدد الأقمار هو لزيادة الدقة.

4. مقارنة بين تقنية GPS للتتبُّع وتقنية GPS للملاحة:

إنَّ كلاً من التقنيتين تستفيد من الإشارات المرسلة من أقمار منظومة GPS التي تدور حول الأرض. وكلاً منهما لها استخداماتها وأهدافها، فبينما يكثر استخدام تقنية GPS للملاحة من قبل سائقي المركبات بهدف معرفة موقعهم الحالي إضافةً إلى إرشادهم إلى الوجهة الصحيحة وغير ذلك من المعلومات المفيدة، فإنه يكثر استخدام تقنية GPS للتتبُّع بشكل خاص من قبل شركات النقل والشحن بهدف متابعة ومراقبة المركبات التابعة لأسطولها أو قد تُستخدم هذه التقنية في حالات التتبُّع الشخصي.

يمكن القول إن تقنية GPS للملاحة تجيب على السؤال التالي: "أين أنا؟" "Where am I?" بينما تجيب تقنية GPS للتتبُّع على السؤال التالي: "أين أنت؟" "Where are you?".

تقنية الملاحة GPS Navigation:

إنَّ جهاز GPS للملاحة (جهاز GPS الذي يؤدي وظيفة الملاحة Navigation) هو عبارة عن مستقبل الـ GPS الذي يقوم باستقبال الإشارات المرسلة من أقمار نظام الـ GPS الصناعية ومن ثم إجراء الحسابات اللازمة لتحديد إحداثيات الموقع على الأرض. ومن هناك تستخدم البرمجيات اللازمة ليقوم بإظهار الإحداثيات كنقاط على شاشة الجهاز. ولا تقتصر المعلومات التي يستطيع جهاز الـ GPS للملاحة تحصيلها على إحداثيات الموقع فحسب، وإنما يمكنه أيضاً تحصيل معلومات أخرى مثل الطريق، الاتجاه والسرعة.

تقنية التتبُّع GPS Tracking:

يتألف أي جهاز GPS للتتبُّع (جهاز GPS الذي يؤدي وظيفة التتبُّع Tracking) من قسمين هما:

- جهاز GPS للملاحة أي مستقبل GPS.
- مودم هاتف خلوي (يستخدم شبكة الهواتف الخلوية) أو مودم لاسلكي فضائي (يستخدم شبكة أقمار صناعية) يسمح بإرسال المعلومات المحصَّلة بواسطة جهاز GPS إلى الجهة التي تريد الحصول على هذه المعلومات.

مجالات تطبيق تقنية GPS للتتبُّع:

نميز الحالتين التاليتين بشكل بارز في تطبيقات تقنية GPS للتتبُّع:

1) تقنية GPS لتتبُّع المركبات GPS Vehicle Tracking:

وتطبق هذه التقنية في قطاع النقل من أجل تتبُّع جميع أنواع المركبات من: سيارات، شاحنات، مقطورات، عربات سكك حديدية، حاويات، وقوارب.

2) تقنية GPS للتتبُّع الشخصي GPS Personal Tracking:

وتطبق من أجل تتبُّع الأشخاص أما بهدف حمايتهم وأمنهم مثل: الأطفال، كبار السن، فاقدي الذاكرة أو ذوي الاحتياجات الخاصة، وكذلك من أجل الموظفين. أو بهدف متابعة تحركات أشخاص معيَّنين ومراقبتهم.

فوائد استخدام تقنية GPS لتتبُع المركبات GPS Tracking Vehicle:

يمكن الوصول إلى الفوائد التالية عند تطبيق تقنية الـ GPS لتتبُّع المركبات:

1. تخفيض تكاليف الوقود.
2. تحسين الإنتاجية وتقديم خدمة أفضل للعملاء.
3. رصد سرعة المركبة وبالتالي زيادة السلامة الشخصية والمرورية.
4. الرقابة ومساءلة السائقين.
5. الحد من السرقة.
6. أرشفة سلسلة نشاطات الأسطول، وذلك من خلال حفظ نتائج التتبّع في قاعدة بيانات خاصة بالشركة المالكة للأسطول بهدف العودة إليها لاحقاً عند الحاجة.

5. تطبيقات نظام GPS في قطاع النقل:

1. في مجال الطيران والملاحة الجوية:

تستخدم الطائرات نظام الـ GPS لتحديد الطرق الجوية، ومناطق الاقتراب من المطار، وعملية الهبوط الآلي على الممرات. ويُستخدم كذلك في المطارات ذات الأجواء الضبابية، وانعدام الرؤية، وتم اعتماده بشكل كلي في المطارات الأمريكية للدقة العالية، وتفادياً للأخطاء البشرية. كما أفاد هذا النظام شركات الطيران إذ وفر لها كثيراً من نفقات التشغيل لرحلاتها الجوية حيث إنه يعطي أقصر الطرق الجوية لمطارات الوصول.

2. في مجال الملاحة البحرية:

لقد غيَّر نظام GPS من الطريقة التي كان يسير بها العالم. وهذا ينطبق بوجه خاص على العمليات البحرية التي تشمل عمليات البحث والإنقاذ. كما يوفر أسرع وأدق وسيلة للملاحة البحرية في ما يتعلق بقياس السرعة وتحديد موقع

السفينة. وهو الأمر الذي يوفّر مستويات أعلى من السلامة والكفاءة للبحارة في جميع أرجاء العالم.

يهتم قبطان السفينة خلال الملاحة البحرية بأن يكون على علم بموقع سفينته عندما تكون في عرض البحر، وأيضاً في الموانئ المزدحمة والمعابر المائية. ويحتاج القبطان عندما يكون في عرض البحر إلى تحديد دقيق لموقع سفينته وسرعتها ووجهتها، لضمان أن تصل السفينة إلى وجهتها بأعلى درجات السلامة، وبأقل التكاليف، وفي الوقت المحدد حسبما تسمح الظروف. وتكتسب الحاجة إلى معلومات دقيقة حول الموقع الذي تكون السفينة فيه أهمية أكبر عند مغادرة السفينة للميناء وعند العودة إليه.

يَستخدم البحارة بصورة متزايدة البيانات التي يوفرها نظام الـ GPS في مسح الأعماق وتثبيت العوامات وتحديد مواقع الخطورة الملاحية ورسم الخرائط. وتستخدمه أساطيل الصيد التجاري في الإبحار إلى أفضل مناطق الصيد، وفي تتبُّع هجرات الأسماك، وفي ضمان الالتزام بالقوانين المعمول بها في هذا الشأن. وكذلك يُستخدم هذا النظام للاستدلال على أماكن السفن المفقودة في البحار، وتقوم شركات النقل البحري بمتابعة حركة سفنها، ومساراتها في البحار، كما يُستخدم في قوارب النزهات أيضاً.

3. في مجال النقل البري:

توفر الإنتاجية والدقة اللتان تنجمان عن استخدام نظام الـ GPS فعاليات متزايدة وسلامة مرتفعة لوسائل النقل ومستخدميه وهي التي تستخدم الطرق السريعة وأنظمة النقل العام. وقد انخفضت المشاكل المرتبطة بتحديد المسارات ومتابعة وسائل النقل التجارية بصورة ملحوظة بمساعدة هذا النظام. إنه ينطبق أيضاً على إدارة أنظمة النقل العام وأطقم صيانة الطرق ومعدات الطوارئ.

هذا ويساعد نظام الـ GPS المسؤولين في مهمة رسم استراتيجيات فعالة تستطيع أن تحافظ على مواعيد وصول وانطلاق عربات النقل العام وفقاً للجداول المعروفة، وأن تُخبر المسافرين بمواعيد الوصول الدقيقة. كما تستخدم أنظمة النقل العام هذه الإمكانية في تتبُّع خطوط الباصات، وسائر الخدمات لتحسين الأداء، كما يساهم في رفع مستوى السلامة المرورية من خلال تتبع حركة المركبات وتوجيهها.

إنَّ استخدام تكنولوجيا نظام الـ GPS في التتبُّع والتنبؤ بحركة شحنات البضائع ساهم في تطبيق ما يسمى بالتسليم في وقت محدد سلفاً. وفي إطار هذا التطبيق تستخدم شركات الشحن نظام GPS في تتبع المسارات حتى تضمن التسليم في الموعد المحدد سواء على بعد مسافة قصيرة أو عبر مناطق شاسعة. تستخدم بلدان كثيرة حول العالم هذا النظام للمساعدة في مسح شبكات الشوارع والطرق السريعة في أراضيها. وهذه الشبكات تشمل محطات الخدمة والصيانة والطوارئ والتموين وممرات الدخول والخروج والعطب الذي يصيب الشبكة الخ.. وتضاف هذه البيانات إلى المعلومات التي يجمعها "نظام المعلومات الجغرافية" (GIS) وتساعد هذه القاعدة المعلوماتية وكالات النقل في تخفيض تكاليف الصيانة والخدمة، وتعزز سلامة السائقين الذين يستخدمون هذه الطرق. يُعد نظام الـ GPS أيضاً عنصراً أساسياً في مستقبل "نظم النقل الذكية" Intelligent Transportation System واختصاراً (ITS). وتضم نظم النقل الذكية نطاقاً واسعاً من المعلومات التي تستند إلى المواصلات والتكنولوجيا الإلكترونية. ويجري حالياً بحث في مجال النظم المتقدمة لمساعدة السائقين، والتي تشمل نظم الانحراف عن الطريق وتجنب الاصطدام عند تغيير السائق للحارة التي يقود فيها سيارته أو شاحنته. وتحتاج هذه النظم إلى تقدير موقع السيارة أو الشاحنة بالنسبة للحارة وحافة الطريق بدرجة من الدقة لا تترك هامشاً للخطأ أكثر من عشرة سنتيمترات.

يُستخدم أيضاً نظام GPS لتوجيه سائقي السيارات وخصوصاً عند قيادتهم في أماكن يجهلونها. حيث أُدخل هذا النظام في الكثير من السيارات المصنعة حديثاً والتي توفر للسائقين خرائط تفصيلية للأماكن والشوارع المتواجدين فيها، وأفضل الطرق وأقصرها والتي ينبغي سلوكها أثناء تنقلاتهم.

4. في مجال السكك الحديدية:

يمكن لشبكات السكك الحديدية أن تستخدم نظام GPS بالتضافر مع أجهزة استشعار وأجهزة كمبيوتر، ونظم اتصال من أجل تحسين مستوى السلامة والأمان وكفاءة التشغيل. كما تساعد هذه التقنيات في تخفيض عدد الحوادث والتأخيرات وتكاليف التشغيل، وكذلك تساهم في زيادة قدرة الخطوط الحديدية وتوفير الراحة للمسافرين وتخفيض ما ينفق من أموال. ثم إنها توفّر جملة من المعلومات الدقيقة والفورية حول مواقع القاطرات وعربات السكك الحديدية ومعدات الصيانة المستخدمة على القضبان والمعدات المتمركزة بجانب الخطوط الحديدية يتكامل مع التشغيل الكفء لشبكات السكك الحديدية.

يُعد ضمان مستويات عالية من السلامة، وتحسين كفاءة تشغيل السكك الحديدية، وتوسيع قدراتها أهدافاً أساسية لصناعة مسارات السكك الحديدية اليوم. إن معظم شبكات السكك الحديدية تتكون من امتدادات طويلة من مجموعة منفردة المسار، ولذلك فالقطارات التي تسير إلى وجهات تُعد بالآلاف، يتعيَّن عليها أن تتشارك في وقتٍ متزامن في استخدام هذه المسارات المنفردة الخط. تنطوي المعرفة الدقيقة للموقع المحدد للقطار على أهمية قصوى لمنع وقوع الاصطدامات، والحفاظ على التدفق السلس لحركة السير، وتقليل حالات التأخير إلى أدنى حدٍ ممكن. لذلك من المهم، ولأسباب تتعلّق بالسلامة والكفاءة، أن نعرف موقع هذه القطارات وأداءَها بصورة فردية وكذلك على مستوى الشبكة ككل. إنَّ التحسين الذي دخل على الإشارة الرئيسية لـ "نظام المواقع العالمي"، وهو التحسين المعروف باسم "نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي" Differential Global

Positioning System، واختصاراً (DGPS) يعزز درجة الدقة والسلامة داخل نطاق المناطق التي يغطيها النظام. ثم أن المعلومات التي تتوفر عن الموقع تمكّن مسؤول الإشارة من تحديد على أي من المسارين المتوازيين يقع أي قطار. وعندما نضيف "نظام المواقع العالمي التفاضلي" إلى الوسائل الأخرى للملاحة، وتحديد الموقع في حساب الوقت داخل الأنفاق، وخلف التلال، ومختلف العوائق الأخرى فإن هذا النظام (DGPS) يستطيع توفير قدرة دقيقة يعتمد عليها في تحديد الموقع عند إدارة حركة سير قطارات السكك الحديدية.

يعتبر "نظام المواقع العالمي التفاضلي" (DGPS) عنصراً أساسياً في مفهوم "التحكم الإيجابي في مسار القطارات" Positive Train Control واختصاراً (PTC)، وهو المفهوم الذي يجري حالياً تبنيه في كثير من مناطق العالم. ويشتمل المفهوم على تقديم معلومات دقيقة عن موقع كل قطار على امتداد خط السكك الحديدية إلى نظم تحكم وقيادة عالية الكفاءة في سبيل وضع أو إنتاج أفضل خطة تشغيل ممكنة: سرعات متنوعة للقطارات، حركة تسيير مرنة لا ترتبك لتغيير المسارات، وأطقم صيانة تنتقل من هنا إلى هناك بأمان سواء على خطوط السكك الحديدية أو خارجها.

يستطيع نظام "التحكم الإيجابي في القطارات" (PTC) تتبُّع موقع قطار ما وسرعته بصورة أدق مما كان عليه الحال في الماضي، كما يستطيع توفير معلومات عن حركة القطار لمسؤولي إدارة السكك الحديدية الذين يستطيعون عندئذٍ أن يعززوا السرعات وحدود الأوزان حسب الضرورة. وعن طريق توفير تتبُّع أفضل لموقع القطارات وسرعتها، فإن نظام (PTC) يزيد من كفاءة التشغيل، ويتيح مقدرة أعلى لخط السكة الحديدية ويعزز قدرات أطقم القيادة ويوفر الراحة للمسافرين والسلامة للشحنات، كما ينتج عنه توفير بيئة طبيعية أكثر أماناً للأشخاص العاملين في الخط.

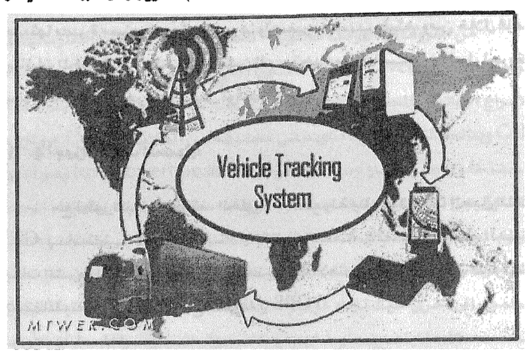
يستطيع "نظام المواقع العالمي التفاضلي" (DGPS) أيضاً أن يساعد في مسح ورسم الخرائط لهيكل خطوط السكك الحديدية لأغراض الصيانة والتخطيط المستقبلي للنظام. وعن طريق استخدام "نظام المواقع العالمي التفاضلي" (DGPS) يستطيع المرء أن يحدد بدقة موقع الأعمدة التي ستحمل أرقام الأميال (أو الكيلومترات)، وصواري الإشارات ونقط الإبراق والجسور، ونقط التقاطع مع الشوارع، ومعدات الإشارة الخ... كما يستطيع "نظام المواقع العالمي" أن يرتفع إلى المستوى العالي من الدقة الذي يحتاج إليه التشغيل في مناطق المحطات النهائية، وفي أفنية السكك الحديدية (مخازن القطارات) حيث نجد أنه من الممكن أن تسير عشرات الخطوط بشكلٍ متوازٍ.

استخدامات نظام GPS:

انتشر وتطور هذا النظام بشكل كبير جداً ويستخدم في مجالات عديدة وأجهزة كثيرة جداً ولن نستطيع حصرها جميعاً لذالك سوف نتطرق على الاستخدامات الأكثر شيوعاً لهذا النظام.

1) في المركبات:

تستخدم تقنية GPS على نطاق واسع فى تتبع المركبات والسيارات و يتكون هذا النظام من وحدة الاستقبال GPSReciver وهى الوحدة التي يتم تركيبها في المركبة وأيضاً لابد من وجود محطة تحكم أرضية تديرها وتملكها الشركة المقدمة لخدمة GPS، و جهاز كمبيوتر خادم متصل بالانترنت Web Server، أما جهاز الاستقبال الذي يتم تركيبه في السيارة فيقوم بتحديد إحداثيات السيارة والاتجاه الذي تسير فيه وسرعتها وكذلك الوقت الحالي لهذه البيانات وتتوافر تلك البيانات بعد اتصال وحدة الاستقبال بعدد من الأقمار الصناعية لا يقل عن ثلاثة.



هذه المعلومات يتم تكويدها وضغطها وإرسالها في صورة رسالة SMS إلى مركز التحكم الأرضي، تقوم وحدة التحكم الأرضية بدورها بإرسال بيانات المركبة إلى جهاز الكمبيوتر أو السيرفر والذي يقوم بدوره بعرض بيانات السيارة على خرائط مخزنة على السيرفر، هذه البيانات أيضا يتم تخزينها فى قاعدة بيانات في حالة الرغبة في الرجوع إليها مستقبلاً.

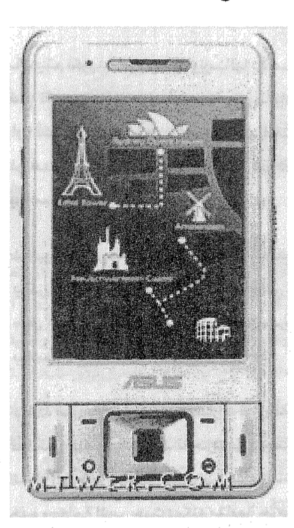
عملية ضغط البيانات المرسلة تتيح إرسال كمية كبيرة من البيانات حول موقع السيارة، حيث يمكن أن تحتوى رسالة SMS على حوالي 20 بيان حول حركة السيارة بمعدل بيان كل 3 دقائق، تكويد البيانات يضمن سرية المعلومات وحتى لا يتم فك الشفرة إلا بواسطة الويب سيرفر المستقبل للبيانات.

هذا النظام يمكنه متابعة العديد من السيارات فى وقت واحد وهو ما يفيد الشركات المالكة لأساطيل النقل والتي قد تتحرك في مجموعات كبيرة في وقت واحد، مستخدم النظام أو الشخص المتابع للسيارات يمكنه الدخول إلى الويب سيرفر من خلال اسم المستخدم وكلمة السر حيث يمكنه متابعة حركة السيارات الخاصة به من خلال خريطة موضح عليها كل سيارة بلون مختلف، هذه الخريطة يتم

تحديثها بصورة مستمرة ويمكن تكبيرها وتصغيرها حسب رغبته، ومن خلال قاعدة البيانات المخزنة على السيرفر يمكن للمستخدم معرفة سجل كامل لحركة السيارة منذ بداية تحركها وحتى توقفها.

2) في أجهزة الهاتف المحمول:

مع تطور شبكات الهواتف الخلوية- المحمولة وظهور شبكات الجيل الثالث – G3، بدأت تقنية GPS في احتلال مكانة متقدمة في تقنية الهواتف الخلوية وبدأت الشركات المنتجة للهواتف المحمولة في الاهتمام بإنتاج هواتف قادرة على الاستفادة بتقنية تحديد المواقع المعروفة بـ GPS.



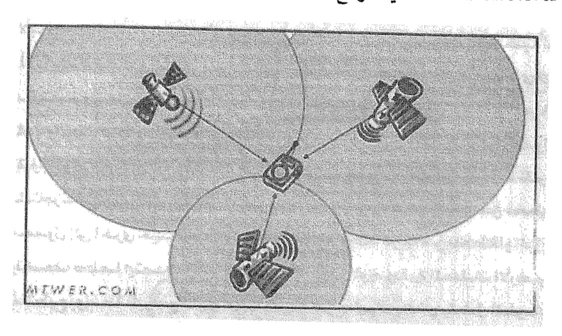
من المعروف أن الهواتف الخلوية – المحمولة ترسل وتستقبل معلوماتها عبر موجات الراديو – Radio Waves، تتكون شبكة الهاتف المحمول من مجموعات من الأبراج الهوائية والمحطات الأرضية ويطلق على كل مجموعة مستقلة خلية أو Cell وبذلك تكون الشبكة مكونة من مجموعة من الخلايا- Cells، يحتوى أي هاتف خلوى على جهاز ارسال يسمى low-powertransmitters وهو الجهاز المسئول عن تبادل المعلومات مع اقرب برج أو محطة من مكان الهاتف المحمول تقوم المحطات الأرضية بملاحظة قوة الإشارة المرسلة من جهازك وعندما تقوم بالتحرك إلى مسافات بعيدة أو تسافر مثلا فان إشارة هاتفك تنتقل من محطة محمول إلى أخرى حيث تزداد قوة الإشارة كلما كنت قريبا من المحطة أو البرج وتضعف كلما ابتعدت عنها، أجهزة الكمبيوتر الموجودة في المحطات الأرضية تستطيع بواسطة البرامج المثبتة عليها معرفة البرج الهوائي الذي يتبادل المعلومات مع جهازك وعن طريق قوة الإشارة المتبادلة بينك وبين البرج يمكن لأجهزة الكمبيوتر تقدير المسافة بينك وبين البرج الهوائي وذلك بالإضافة إلى بعض المعلومات الأخرى مثل:

- زاوية الاقتراب من المحطة الهوائية أو البرج.
- المدة التي تستغرقها الإشارة في الوصول لمحطات مختلفة.
- قوة الإشارة عند الوصول إلى المحطة.

بتجميع هذه المعلومات يمكن لشبكة الهاتف المحمول تحديد موقع الجهاز بصورة تقريبية.

ولكن يعيب هذه الإمكانية بعض الصعوبات المتمثلة في وجود عوائق طبيعية مثل الأشجار والجبال والمباني المرتفعة والتي تتسبب في طول الفترة الزمنية التي تستغرقها الإشارة للوصول إلى اقرب برج أو محطة من محطات الشبكة مما يؤدى إلى عدم تحديد موقع المشترك بدقة، من هنا بدأت شركات المحمول الشهيرة مثل شركة نوكيا تأخذ في اعتبارها عند تصنيع أجهزتها الجديدة اندماج نظام الملاحة

العالمي GPS في أجهزتها، بحيث يحتوى الجهاز على وحدة استقبال أو GPS Receiver لتحديد المواقع.



في هذه التقنية تعتمد أجهزة استقبال GPS الموجودة فى الهواتف الخلوية على الحصول على معلوماتها من الأقمار الصناعية بدلا من محطات المحمول، يتم حساب الفترة الزمنية.

التي تستغرقها موجات الراديو من الأقمار الصناعية إلى جهاز استقبال GPS وبالتالي يتم احتساب المسافة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال لحظيا، [illegible] إرسال المعلومات من الأقمار الصناعية إلى كمية كبيرة من الطاقة [illegible] من بطارية الجهاز خاصة في الأجهزة القديمة وللتغلب على هذه المشكلة تقوم شبكة المحمول المقدمة للخدمة بإمداد جهاز استقبال GPS ببعض المعلومات الأساسية مثل أقرب قمر صناعي من الجهاز يمكن من خلاله الحصول على معلومات تحديد الموقع مما يوفر كثيرا من الوقت والطاقة المستهلكة أيضاً.

فوائد نظام GPS:

يوفر هذا النظام الكثير من الخدمات حيث يستطيع المستخدمون من تحديد أوقات الشروق والغروب والأبعاد والاتجاهات والطرق المؤدية إلى هدف ما بل طورت بعض الشركات النظام ليوفر إمكانيات مثل تحديد خطوط الطول والعرض التي يمكن أن تعمل بها أي مركبة إضافة إلى إمكانية تشغيل أو إيقاف تشغيل أي مركبة هاتفياً.

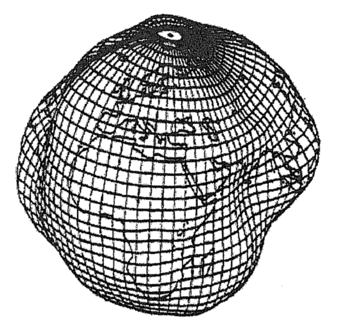
حالياً لا يمكن لأي سفينة أو طائرة العمل بدونه، كما يوفر النظام دقة تصل إلى أكثر من 98٪ وتكون نسبة الخطأ في الغالب في حدود أمتار معدودة من 1 إلى 3 أمتار أو أقل من ذلك.

تعاريف مهمة في علم الجيوديسيا:

قبل أن نتعرف على نظم الإحداثيات المستخدمة في نظام المواقع الكوني، لا بد لنا من دراسة بعض التعاريف الأساسية في علم الجيوديسيا.

الأرض (Earth):

هي كوكب في المجموعة الشمسية تدور حول محورها الوهمي وتتحرك في مدار شبه دائري حول الشمس. وقد نتج عن قوى الجذب التي تتعرض لها أن أصبح شكلها غير منتظم. وهي مكونة من قارات وجزر محاطة بأنهار وبحار ومحيطات أي يابسة وماء. إن سطح اليابسة ليس سهلاً ولا سطحاً ذي ميل منتظم، بل هو في الحقيقة مزيج من السهول والجبال والوديان وبدرجات متفاوتة وغير محدودة من الوعورة والانحدار، وبمعنى آخر هو سطح معقد هندسياً، ومن الصعوبة إن لم يكن من المستحيل تمثيله أو التعبير عنه رياضياً بدقة.



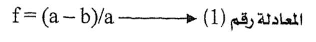
شكل رقم (1 – 1) يوضح شكل الأرض غير المنتظم

الجيوئيد (Geoid):

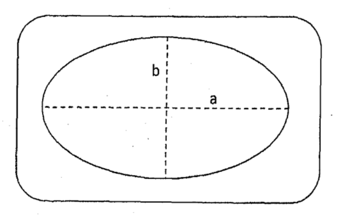
هو عبارة عن شكل افتراضي تقريبي للأرض وأقل تعقيداً منها، ينطبق مع مستوى متوسط سطح البحار وامتداداتها تحت القارات، وهذا السطح عبارة عن سطح مائي غير خاضع لتأثيرات القوى الخارجية كقوى الجزر والمد وغيرها، وبالتالي فهو أولاً سطح مستقر وثابت يتعامد مع اتجاه خيط الشاقول في كل نقطة من نقاطه. حيث أن اتجاه الشاقول يخضع لقوى الجاذبية الأرضية التي تمر بمركز الأرض من جهة وللقوة الطاردة المركزية الناشئة عن دوران الأرض حول محورها من جهة أخرى، لذا فإن اتجاه الشاقول يختلف من نقطة إلى أخرى باختلاف الموقع الجغرافي وباختلاف الشروط الطبوغرافية من حيث السهول والجبال ينتج عنه عدم توزيع الكثافة على سطح الأرض بشكل منتظم. فالجبال عكس السهول تشكل كتلاً كبيرة جاذبة للشاقول. فالجيوئيد إذاً هو أيضاً سطح فيزيائي معقد يستحيل تمثيله رياضياً.

الإليسويد (Elliposoid):

هو عبارة عن سطح رياضي يمكن تمثيله وهو أقرب شكل هندسي إلى سطح الجيوئيد، وهو عبارة عن مجسم قطع ناقص ناتج من دوران قطع ناقص (Ellipse) حول محوره الصغير. ويعرّف هذا المجسم (الإليسويد) إما بنصفي قطري القطع الناقص المجسم الكبير a والصغير b. أو بنصف القطر الكبير a وتفلطحه f الذي يعطى بالعلاقة:



$f = (a - b)/a$ ⟶ (1) المعادلة رقم

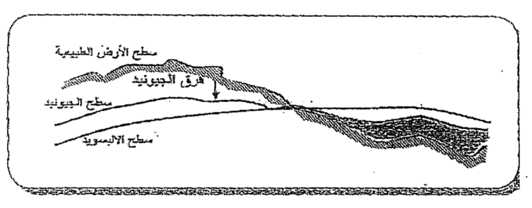


شكل رقم (2 – 1) يوضح شكل الإليسويد

ويتميز سطح الإليسويد بالخصائص التالية:

1. سهولة إجراء الحسابات على سطحه.
2. لا يختلف سطحه عن سطح الأرض وعن سطح الجيوئيد كثيراً.

إن الفرق بين سطح الجيوئيد الفيزيائي وسطح الإليسويد الرياضي صغير ولا يتعدى حداً أعظم قدره مائة متر.



شكل (1 – 8) يوضح العلاقة بين الجيوئيد والإليسويد وسطح الأرض

نظم الإحداثيات المستخدمة في النظامي الكوني لتحديد المواقع GPS:

يوجد أنواع عديدة من نظم الإحداثيات سبق دراستها في مادة المدخل إلى المساحة بالصف الأول، ولا مجال لذكرها هنا، ولكن سنتعرف سوياً على نظم الإحداثيات المستخدمة في نظام تحديد المواقع الكوني وهي:

1. نظام الإحداثيات الجغرافية.
2. نظام الإحداثيات الجيوديسية (الفراغية).

ويمكن تعريف نظام الإحداثيات بأنه هو النظام الذي يحدد موقع نقطة تحديداً دقيقاً سواءً على سطح الأرض أو في الفراغ أو في مستوى معين، ويجب أن يتوفر في كل نظام من هذه الأنظمة العناصر الآتية:

1) أن تكون نقطة الأصل في هذه النظم هي نقطة بداية القياس.
2) أن يكون لكل نظام محاور محددة ومعرفة تعريفاً كاملاً يميزها عن غيرها من محاور الأنظمة الأخرى.
3) أن يكون هناك نظام هندسي يحدد العلاقة بين موقع النقطة على الأرض ومحاور إحداثيات هذه الأنظمة.

نظام الإحداثيات الجغرافية:

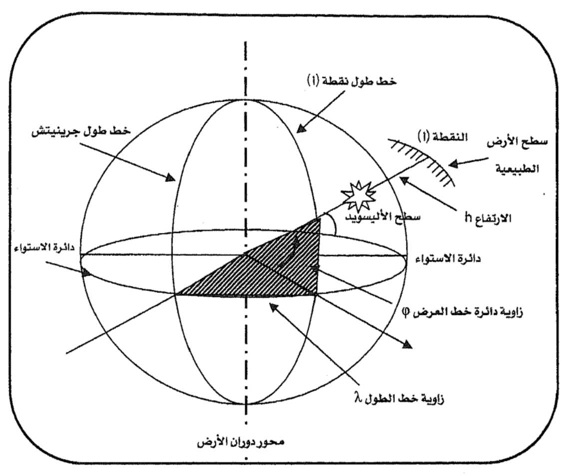
هو نظام ثلاثي الأبعاد (Dimentional – 3) أي يمثل النقطة على سطح الأرض بثلاث قيم عددية عن طريق خطوط الطول وخطوط العرض الوهمية على الكرة الأرضية وارتفاع النقطة فوق سطح الإليسويد. (انظر الشكل رقم (3 – 1))، ولا بد من الإشارة هنا إلى أن ارتفاع النقطة يقاس في هذا النظام من الإليسويد وليس من سطح البحر، ولمزيد من الإيضاح انظر الشكل رقم (4 – 1)، وتكتب إحداثيات النقطة في هذا النظام على النحو التالي (φ, λ, h).

حيث:

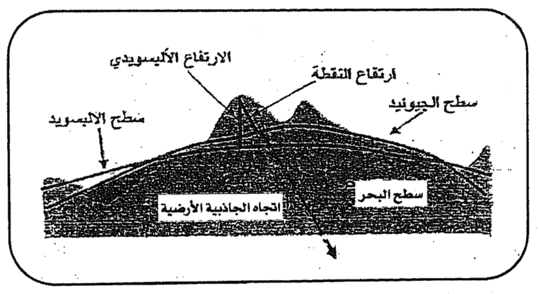
φ: تعبر عن زاوية خط الطول.

λ: تعبر عن زاوية دائرة العرض.

h: تعبر عن ارتفاع النقطة فوق سطح الإليسويد ويطلق عليه الارتفاع الإليسويدي.



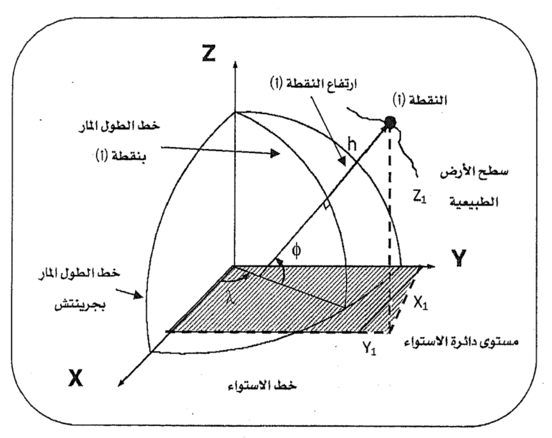
شكل (3 – 1) يوضح نظام الإحداثيات الجغرافية (φ, λ, H)



شكل (4– 1) يوضح الفرق بين ارتفاع النقطة والارتفاع الاليسويدي

نظام الإحداثيات الجيوديسية (الفراغية):

هو نظام ثلاثي الأبعاد (3 – Dimentional) أي يمثل النقطة على الفراغ بثلاث قيم عددية على النحو التالي (X, Y, Z) ونقطة الأصل في هذا النظام هي مركز الأرض ومحور X يسمى المحور الأول، وينشأ عن تقاطع مستوى خط الطول المار بمدينة جرينتش مع مستوى دارة الاستواء. ومحور Y يسمى المحور الثاني وهو المحور المتعامد على محور X ومحور Y ومحور Z هو محور دوران الأرض والذي يمر بمركز الأرض والقطبين الشمالي والجنوبي. (انظر الشكل رقم (5 – 1)).



شكل رقم (5 – 1) يوضح نظام الإحداثيات الجيوديسية (الفراغية)

الوحدة الثانية

مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع

الوحدة الثانية

مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع

مقدمة:

درست أخي المتدرب في الوحدة السابقة الفكرة العامة للنظام الكوني لتحديد المواقع (GPS) وعلمت أن هذا النظام عبارة عن شبكة مكونة من 24 قمراً صناعياً تدور في مدارات مختلفة على ارتفاع شاهق حول الكرة الأرضية، وتتوزع هذه الأقمار الصناعية في مداراتها المخصصة لها بزوايا ومسارات وزمن محدد لكل منها، بحيث يمكن لأي مستخدم في أي مكان على سطح الكرة الأرضية الاتصال بأربعة أقمار صناعية على مدار اليوم على الأقل، وفي هذه الوحدة سنتعرف بصورة أكثر تفصيلاً على مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع (GPS)، ومواصفات الأقمار الصناعية.

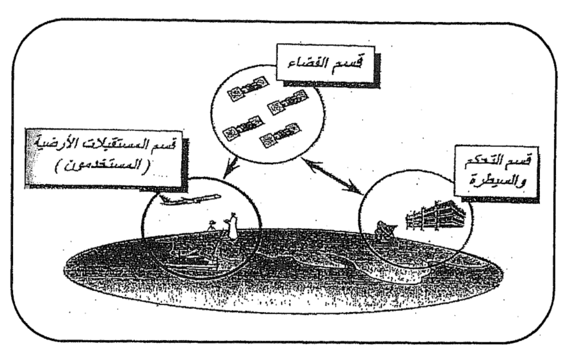
مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع (GPS):

يتألف النظام الكوني لتحديد المواقع (GPS) من ثلاثة قطاعات منفصلة ومختلفة هي:

قطاع الفضاء: يختص قطاع الفضاء بمدارات الأقمار الصناعية حول الأرض.

قطاع التحكم والسيطرة: عبارة عن عدد من المحطات المشيدة على سطح الأرض وظيفتها هي التحكم في عمل وحركة الأقمار الصناعية في مداراتها.

قطاع المستقبلات الأرضية (المستخدمون): عبارة عن أجهزة تحديد المواقع (GPS) والتي تقوم باستقبال إشارات الأقمار الصناعية وتحليلها.



شكل رقم (2 – 1) يوضح مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع

قطاع الفضاء (The Space Segments):

قطاع الفضاء مصمم ليتكون من مجموعة من الأقمار الصناعية تتألف من 24 قمراً صناعياً تدور حول الأرض في مدارات منتظمة (انظر الشكل رقم 2 – 2)، وكل قمر صناعي يبعد عن سطح الأرض بحوالي 20200 كم ويستغرق حوالي 12 ساعة لإتمام دورة كاملة حول الأرض، ومن المؤكد أن عدد أقمار النظام الكوني الصناعية وصل الآن إلى 26 قمراً صناعياً.

وقطاع الفضاء أيضاً صمم بحيث أن تتوفر على الأقل (4) أربعة أقمار صناعية في كل مرة رصد، وعلى أي نقطة على سطح الأرض، وفي أي وقت من أوقات اليوم على مدار السنة بزاوية قطع (زاوية القناع cut – off angle) مقدارها 15 درجة، وعملياً يظهر للراصد من خلال لوحة التحكم على الأقل 6 أو 7 أقمار صناعية في أي وقت وأي مكان على سطح الأرض (في حالة عدم وجود عائق).

ضبط تزامن الساعات الذرية الموجودة على داخل الأقمار الصناعية ومتابعتها باستمرار ويتألف قطاع التحكم والسيطرة من ثلاثة أنواع من المحطات وهي:

محطات المراقبة The Monitor Stations (MS):

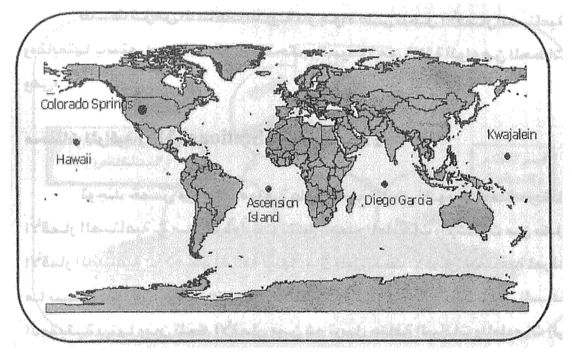
توجد خمس محطات موزعة على سطح الأرض تقوم بمتابعة حركة الأقمار الصناعية في مداراتها وأيضاً تقوم بجمع المعلومات والإشارات من كل الأقمار الصناعية ثم تحسب المسافة بينها وبين كل تلك الأقمار الصناعية لمعرفة ما يسمى بالمدى الكاذب (Pseudo range) وهو الإزاحة الناتجة عن المسافة الحقيقية بينها وبين تلك الأقمار، ومن ثم ترسل كافة البيانات والمعلومات إلى المحطة الأم (محطة التحكم الرئيسة).

محطة التحكم الرئيسية The Master Control Station (MCS):

محطة التحكم الرئيسية تقع في ولاية كولورادو الأمريكية (كولورادو اسبرنجز) ووظيفتها الرئيسة هي استقبال كافة المعلومات والبيانات المرسلة من محطات المراقبة الخمس من جميع أنحاء العالم وتختص أيضاً بدراسة سلوك وتحركات الأقمار الصناعية وضبط مواقعها بالشكل الصحيح، وضبط تزامن ساعات الأقمار الصناعية باستمرار، وتعيد صياغة الرسائل الملاحية، ثم تبعث بكامل هذه المعلومات إلى محطات البث الأرضية.

محطات البث الأرضية The Ground Antennas:

الوظيفة الأساسية لمحطات البث الأرضية هي إعادة تحميل المعلومات والبيانات المصححة إلى الأقمار الصناعية عبر الموجة (S – band) حيث تقوم تلك الأقمار الصناعية بتخزين المعلومات في أجهزة الحاسب لديها.



شكل رقم (2 – 3) يوضح توزيع محطات التحكم والسيطرة حول العالم

قطاع المستقبلات الأرضية (Receiver Segment):

قطاع المستقبلات الأرضية وأجهزة الاستقبال يعد هذا القطاع جزءاً من النظام حيث إن هذه المستقبلات الأرضية تستقبل الإشارات المصححة القادمة من الأقمار الصناعية لإظهار القيم العددية فقط للمستخدمين مثل إحداثيات النقطة المحتلة (x,y,z) وشكل وتوزيع الأقمار الصناعية في الفضاء، وحالة الأقمار الصحية، وأسماء الأقمار الظاهرة في ذلك الوقت والتي ترسل إشاراتها... الخ.

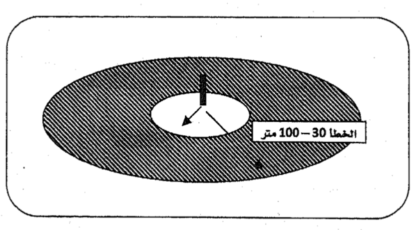
وتتكون من أي شخص يستخدم جهاز استقبال G.P.S في أي مكان على سطح الأرض وتختلف مواصفات الأجهزة وكفاءتها تبعاً للغرض التي ستقوم به وعلى سبيل المثال يمكن تقسيم أجهزة الاستقبال حسب طريقة استخدامها على النحو التالي:

أجهزة الاستقبال لأغراض المراقبة والتعقب:

يستخدم هذا النوع من الأجهزة في أغراض المراقبة والتعقب للمركبات، وتتم بوضع جهاز استقبال مزود بدائرة الكترونية خاصة داخل المركبة المراد تعقبها، ويقوم جهاز الاستقبال بتحديد مواقع المركبة ومن ثم إرسال إحداثيات الموقع إلى مركز المراقبة الذي يقوم برسم مسار هذه المركبة على الخريطة. وقد تزود الدائرة الالكترونية بوسيلة للتحكم في حركة المركبة. وقد قامت إحدى الشركات السعودية مؤخراً بإطلاق هذه الخدمة داخل مدن المملكة نظير اشتراك شهري.

أجهزة الاستقبال لأغراض الملاحة والتوجيه:

يستخدم هذا النوع من الأجهزة في أغراض توجيه الطائرات والسفن إلى مساراتها الصحيحة، وذلك عن طريق وضع جهاز استقبال داخل الطائرة أو السفينة ويقوم جهاز الاستقبال بتحديد الموقع ومن ثم يرسم الحاسب الآلي مسار هذه الطائرة أو السفينة على الخريطة. بحيث يمكن تصحيح المسار إذا خرجت السفينة أو الطائرة عن مسارها الصحيح. أما الأجهزة المستخدمة في الملاحة البرية فتستخدم لتحديد موقع المستخدم على سطح الأرض ومعظم أجهزة الملاحة الأرضية، والتي تستخدم تردداً واحداً تعطي خطأ في حدود من 20 إلى 100 متر، لذا ننصح بعدم استخدامها في أعمال المساحة.

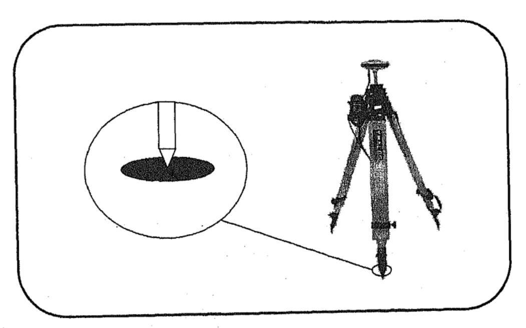


شكل (2 – 4) يوضح مقدار الخطأ في إحداثيات النقطة (أ)

أجهزة الاستقبال لأعمال الرفع المساحي:

يستخدم هذا النوع من الأجهزة في أعمال المساحة وهذا النوع من الأجهزة يعتمد طريقة خاصة لتصحيح الأخطاء والتقليل من تأثيرها للحصول على دقة عالية.

ومعظم الأجهزة المستخدمة في المساحة تستقبل نوعين من الترددات وتستخدم تقنيات خاصة لتعطي خطأ في حدود من 0.5 إلى 20 مم تبعاً لطول خط القاعدة المرصود.



شكل رقم (2 – 5) يوضح مقدار الخطأ في إحداثيات النقطة (أ)

تركيب إشارة أجهزة تحديد المواقع (G P S):

تتكون الإشارة المرسلة من القمر الصناعي من شفرة معايرة محملة على موجة كهرومغناطيسية ذات تردد معين بالإضافة إلى رسالة بيانات تحتوي على معلومات تستخدم من قبل أجهزة تحديد المواقع لتعيين موقع الرصد بدقة (انظر الشكل رقم (2 – 6) ويمكن تقسيم الإشارة إلى ثلاثة أجزاء رئيسية).

الموجة الحاملة وتكون على ترددين:

أ. التردد الأول ويسمى (L1) وتردده 1575.42 ميجا هيرتز وطولها الموجي 19سم.

ب. التردد الثاني ويسمى (L2) وتردده 1227.60 ميجا هيرتز وطولها الموجي 24سم.

شفرة المعايرة ويوجد نوعان:

أ. الشفرة رديئة الاكتساب (Coarse/Acquisition) (C/A) وتستخدم في الاستخدامات المدنية.

ب. الشفرة الدقيقة Precise code (P – Code) وتستخدم في الاستخدامات العسكرية.

رسالة بيانات ملاحية تحتوي على الآتي:

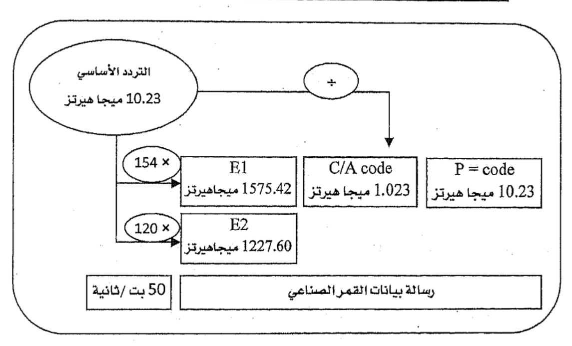
- إحداثيات القمر الصناعي منسوبة إلى النظام الجيوديسي العالمي (WGS84).
- التصحيح لخطأ الساعة (Clock Corrections).
- صحة القمر الصناعي (SV Health).
- التقويم الفلكي (SV Ephemeris).
- تقويم الأقمار (Almanacs) ويحتوي على معلومات عن المدار لكل الأقمار الصناعية العاملة.
- مجسم الغلاف الجوي (Ionosphere Model Parameters).
- حالة النظام.

جدول يوضح مكونات إشارات الأقمار الصناعية:

المكونات	التردد (ميجا هيرتز) MHz
التردد الأساسي	10.23 ميجا هيرتز
الموجة الحاملة L1	10.23 × 154 = 1575.42 (طولها الموجي = 19.05 سم)
الموجة الحاملة L2	10.23 × 120 = 1227.60 (طولها الموجي = 24.45 سم)
الشفرة P	تساوي التردد الأساسي 10.23 (29.32 م)
الشفرة C/A	10.23 ÷ 10 = 1.023 (293.2 م)
الرسالة الملاحية	10.23 ÷ 204600 = 50 × 10- ^6^ (5950 كم)

جدول يوضح الفرق بين خصائص P – code و C/A code:

الخواص	P – code	C/A – code
التردد	10.23 ميجا هيرتز	1.023 ميجا هيرتز



شكل رقم (2 – 6) يوضح تركيب إشارة القمر الصناعي

الطول الموجي	29.32 م	C/A – code
الفترة الزمنية	266 يوم	1.023 ميجا هيرتز

معلومة: إذا كان القمر الصناعي في وضع مسامت للموقع المراد تحديده، فإن موجاته التي يبثها سوف تستغرق زمناً لا يزيد عن (0.06 ثانية) كي تصل إلى الراصد.

ملخص لما اشتملت عليه الوحدة الثانية:

1) مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع (GPS):

يتكون النظام من ثلاثة أجزاء رئيسية.

- **قطاع الفضاء (TheSpaceSegments):** وشرحنا فيه الصفات الأساسية لأقمار النظام الكوني لتحديد المواقع (GPS).
- **قطاع التحكم والسيطرة (Control Segment):** ويتكون هذا القطاع من ثلاثة أنواع من المحطات (محطات المراقبة The Monitor Stations ومحطة التحكم الرئيسية The Master Control Station ومحطات البث الأرضية The Ground Antennas.
- **قطاع المستقبلات الأرضية (Receiver Segment):** ويتكون هذا القطاع من كل مستخدمي النظام، وقسمنا الأجهزة تبعاً للاستخدام إلى ثلاثة أنواع:

  - أجهزة الاستقبال لأغراض المراقبة والتعقب.
  - أجهزة الاستقبال لأغراض الملاحة والتوجيه.
  - أجهزة الاستقبال لأعمال الرفع المساحي.

2) تركيب إشارة اجهزة تحديد المواقع: شرحنا فيه مكونات إشارة الأقمار الصناعية والفرق بين خصائص P – code وC/A – code.

مكونات النظام من ناحية أخرى GPS:

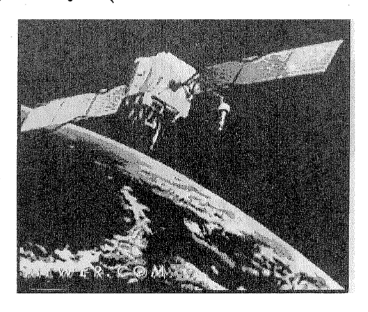
يتكون نظام تحديد المواقع GPS من ثلاثة وحدات رئيسية هي:

1. الأقمار الصناعية GPSSatellites.
2. نظام التحكم الأرضي GPS Ground Control Segment.
3. جهاز الاستقبال Receiver.

1) الأقمار الصناعية:

تتسم الأقمار الصناعية في نظام GPS بعدة خصائص أهمها:

أ. يبلغ وزنها حوالي 845 كيلو جرام.
ب. يصل عمرها الافتراضي إلى سبع سنوات ونصف.
ج. يتمثل مصدر طاقتها بطاريات تشحن بالطاقة الشمسية، تبلغ مساحتها 7.25 متر مربع.
د. تدور حول الأرض في كل 12 ساعة.
ه. يبعد القمر الصناعي عن سطح الأرض بمسافة تصل إلى 20200 كيلومتر.



ويتمثل دورة القمر الصناعي في تحديد المواقع من خلال الوظائف التالية:

أ. استقبال وتخزين البيانات المُرسلة من محطة التحكم.

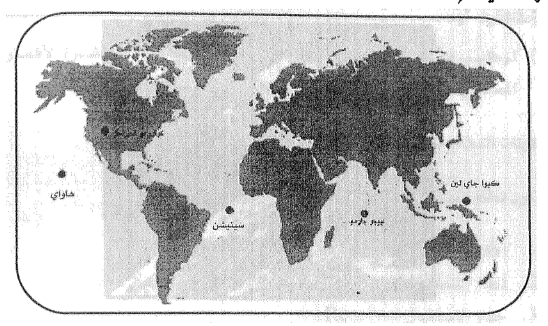
ب. الحصول على التوقيت الدقيق عن طريق ساعات الروبيديوم والسينيزيوم.

ج. إرسال المعلومات للمستخدم عن طريق إشارات مختلفة.

د. المناورة لتعديل المدار عن طريق التحكم الأرضي.

نظام التحكم الأرضي:

يتكون نظام التحكم الأرضي من خمس مراكز موزعه على أنحاء الكره الأرضية والصورة التالية توضح ذلك.



جهاز الاستقبال:

يعد جهاز الاستقبال الآلة الوحيدة التي تُمكن مستخدم هذا النظام من الحصول على المعلومات سواء معلومات عن تحديد الموقع أو معلومات عن الأقمار الصناعية، ويتكون جهاز الاستقبال من وحدتين رئيسيتين هما معدات الاستقبال Hardware وبرامج المعالجة.

الوحدة الثالثة

طرق الرصد

الوحدة الثالثة

طرق الرصد

أولاً: الرصد الثابت Static:

هي أقدم طرق الرصد – المساحية بصفة عامة – المعروفة في استخدام GPS، وهي أن يحتل جهاز (أو أكثر) نقطة (أو أكثر) من الثوابت الأرضية معلومة الإحداثيات على أن يحتل الجهاز الآخر النقطة المجهولة (المطلوب تحديد إحداثياتها) لمدة لا تقل عن 30 دقيقة من الرصد المتبادل. Simulatenous Obervations. وبذلك يتم تكوين خط قاعدة Baseline ويتم رصد الخط (فرق X، فرق Y، فرق Z) بين كلا النقطتين، وطالما أن النقطة الأولى معلومة الإحداثيات فيمكن حساب إحداثيات النقطة الثانية من خط القاعدة هذا. وتكون فترة الرصد أو ما يطلق عليها session لا تقل عن نصف ساعة (رصد مشترك بين النقطتين في نفس الوقت) للوصول إلى دقة جيدة في حساب خط القاعدة ومن ثم حساب إحداثيات النقطة المجهولة. وفي الأعمال عالية الدقة (الشبكات) يفضل أن تزيد session إلى ساعة وأحيانا ساعتين، لأن القاعدة الأساسية هي: كلما زاد وقت الرصد زادت كمية الأرصاد فتزيد الدقة في الحسابات.

ثانيا: رصد الشبكات Network:

تقريبا هي نفس طريقة الرصد الثابت لكن مع استخدام عدد (وليس 2 فقط) من الأجهزة يحتلوا مجموعة من النقاط في نفس الوقت. وغالبا يكون هناك نقطتين (من نقاط الشبكة المرصودة) معلومين الإحداثيات بينما باقي الأجهزة يحتلوا نقاط مجهولة. وهنا يزيد وقت الرصد Session بما لا يقل عن ساعة (لكنه يعتمد على أطوال خطوط هذه الشبكة) حتى يمكن الوصول لدقة مناسبة.

ثالثا: الرصد المتحرك Kinematic:

في هذه الطريقة يكون الجهاز مستمر في الحركة طوال الرصد. مثال: جهاز GPS مثبت في طائرة أو باخرة... الخ. لذلك لا تستخدم هذه الطريقة في الهندسة المساحية لان دقتها = دقة الأجهزة الملاحية أو المحمولة يدويا، أي في المتوسط 4 – 8 متر.

رابعاً: الرصد شبه المتحرك أو الرصد المتحرك الزائف:

Semi – Kinematic أو Pesudo – Kinematic:

هي فئة تضم داخلها مجموعة من طرق رصد GPS وليس طريقة واحدة، لكن فكرتها الأساسية أن هناك جهاز GPS يكون ثابت static على نقطة معلومة الإحداثيات بينما هناك جهاز آخر (أو مجموعة من الأجهزة) تتحرك لرصد نقطة – أو نقاط – مجهولة. المبدأ الذي تعتمد عليه هذه الطرق هو: طالما أن الجهاز الثابت يحتل نقطة معلومة الإحداثيات فيقوم بحساب الإحداثيات كما هي من أرصاد أقمار GPS ويقارنها بقيم الإحداثيات المعلومة لهذه النقطة، ومن هنا يمكن حساب قيمة الخطأ في أرصاد كل قمر من أقمار GPS في كل لحظة من وقت الرصد (بطرح الإحداثيين)، وبالتأكيد فأن قيمة هذا الخطأ سيكون هو نفسه في أرصاد نفس القمر الصناعي في نفس لحظة الرصد عند الجهاز الآخر المتحرك Rover GPS Receiver، وبالتالي فإذا أمكننا إضافة قيمة هذا الخطأ (المحسوب عند النقطة الثابتة) إلى أرصاد GPS عند النقطة المجهولة فيمكننا زيادة دقة إحداثيات النقطة المجهولة والوصول بالدقة إلى مستوي السنتيمترات.

أما كيف تتم هذه العملية الحسابية فهناك عدد من الطرق لكن أهمها طريقتين:

طريقة الرصد المتحرك بالحساب المكتبي (تسمى أحياناً PPK) اختصاراً:

تتم الأعمال الحقلية كلها – سواء للجهاز الثابت أو المتحرك ثم يتم تحميل جميع الأرصاد على الكمبيوتر بعد العودة للمكتب في نهاية اليوم ويقوم برنامج الحسابات software بعمليات التصحيح وحساب إحداثيات النقط المجهولة اعتمادا على إحداثيات النقطة – أو النقاط – المعلومة.

طريقة الرصد المتحرك اللحظي Real Time Kinematic أو اختصارا RTK:

تختلف عن الطريقة السابقة في وجود جهازين راديو لاسلكي مركبين على كلا من الجهاز الثابت Static والجهاز المتحرك Rover، بحيث يقوم الجهاز الثابت بحساب الخطأ في أرصاد GPS في كل لحظة من فترة الرصد وإرسال هذه التصحيحات – عن طريق جهاز الراديو اللاسلكي – إلى الجهاز المتحرك والذي بدوره يقوم بتصحيح أرصدة وحساب إحداثيات النقطة المجهولة – بدقة عالية – في نفس اللحظة. وبالتالي فلا تحتاج هذه الطريقة لعملية الحساب المكتبي وإنما تتم كلها في الموقع مباشرة.

وبالتأكيد فأن كل طريقة من الطرق السابقة لها مميزاتها و عيوبها وأيضا استخداماتها

في حالة عدم وجود نقاط ثوابت قريبة – للربط عليها – وللوصول لدقة جيدة في حساب إحداثيات (تثبيت) نقطة جديدة يمكن عمل مجموعة من الخطوات:

1. الرصد لمدة طويلة لا تقل عن 4 – 5 ساعات ويفضل مدد أطول.
2. من المعلوم أن أهم مصادر أخطاء GPS الآن هو الخطأ في مدار الأقمار الصناعية ولذلك تقوم الجهات الدولية المتخصصة بإعادة حساب المدارات – بدقة عالية – بعد تجميع أرصاد من حوالي 300 محطة على مستوى العالم

ونشر المدارات الدقيقة Precise Orbits مجانا بعد مرور 15 يوم، لذلك يجب الحصول على هذه الملفات من هيئة IGS واستخدامها في الحسابات بدلا من المدارات التي تبثها الأقمار الصناعية في لحظة الرصد Broadcast Obits.

3. لربط النقطة على الشبكة العالمية (للحصول على إحداثياتها بدقة) يتم الحصول مجانا من موقع IGS على ملفات أرصاد Raw Data لمحطة أو أكثر من المحطات العالمية – لنفس يوم الرصد – لاستخدامهم في الحسابات لإنشاء شبكة من النقاط جميعهم معلومين ماعدا النقطة الجديدة المطلوب تحديد إحداثياتها.

طرق الرصد بأجهزة تحديد المواقع (GPS):

يقصد بطريقة الرصد هي الطريقة التي يتبعها المساح في استخدامه للجهاز، والمساح وحده هو الذي يقرر الطريقة التي يتبعها في الرصد تبعاً للعوامل التالية:

1. إمكانيات الجهاز المستخدم.
2. عدد الأجهزة المتوفر.
3. الدقة المطلوبة من العمل.
4. العدد المتوفر من المساحين.
5. البرنامج الحسابي المستخدم لمعالجة الأرصاد.
6. الوقت اللازم لإنجاز المشروع.

ويمكن تقسيم طرق الرصد إلى:

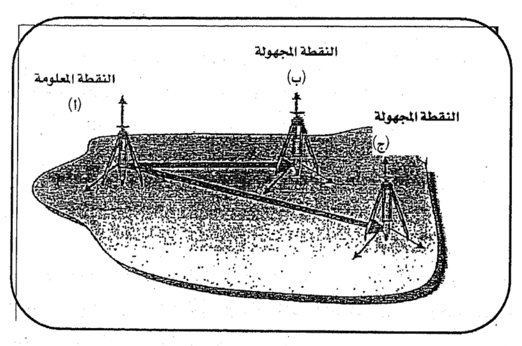
- الرصد الثابت (Static).
- الرصد الثابت السريع (Rapid Static).
- الرصد المتحرك (Kinematic).
- الرصد المتحرك باللاسلكي (Real Time Kinematic).

أعمال الملاحة والتوجيه:

الرصد الثابت (Static):

في هذه الطريقة يتم وضع هوائي الاستقبال فوق النقاط المراد رصدها دون تحريك الجهاز فترة زمنية معينة – بضع ساعات – تختلف باختلاف المسافة بين وحدة الرصد المرجع (Reference) ووحدة الرصد المتحرك (Rover) وهذه الطريقة تعطي دقة عالية جداً، وتستخدم في:

1. رصد الشبكات الجيودسية.
2. شبكات المثلثات من الدرجة الأولى.
3. رصد الخطوط الطويلة.



شكل رقم (3 – 1) يوضح طريقة الرصد الثابت

الرصد الثابت السريع (Rapid Static):

تختلف هذه الطريقة عن طريقة الرصد الثابت في الفترة الزمنية اللازمة للرصد، وفيها يتم وضع هوائي الاستقبال فوق النقاط المراد رصدها دون تحريك الجهاز فترة زمنية معينة – أقل من ساعة – تختلف هذه الفترة باختلاف المسافة بين وحدتي الرصد، وهذه الطريقة تعطي دقة عالية، وتستخدم في:

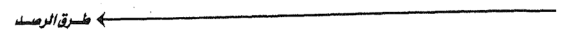
1. إنشاء شبكات المثلثات.
2. تكثيف نقاط شبكات المثلثات.
3. قياس خطوط القواعد، وبشرط ألا تزيد المسافة بين الوحدتين عن 20 كيلومتر.

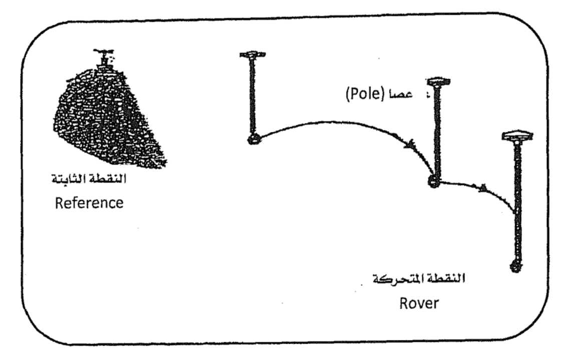
الرصد المتحرك:

في هذه الطريقة يتم وضع هوائي استقبال وحدة المرجع (Reference) فوق النقطة المعلوم إحداثياتها ويتم التحرك على النقاط المراد رصدها بالوحدة الثانية (Rover) بعد وضع هوائي الاستقبال على حامل خفيف أو عصا (Pole) يوجد نوعان من هذه الطريقة.

الثبات والحركة (Stop & Go):

وفيها يحتل الراصد النقط المجهولة بالجهاز (Rover) ويشتغل الجهاز لفترة زمنية بسيطة من 8 – 20 دقيقة تختلف هذه الفترة باختلاف المسافة بين وحدة الرصد الثابت ووحدة الرصد المتحرك ثم يغلق الجهاز وينتقل إلى النقطة التالية، أي أن الجهاز في خلال الحركة من نقطة إلى أخرى يكون مغلقاً (انظر الشكل رقم (3 – 2))، وتسجّل أرصاد كل نقطة تحت رقم معين، وتتم معالجة الأرصاد للحصول على إحداثيات النقط المرصودة باستخدام البرنامج الحسابي الخاص بالجهاز.





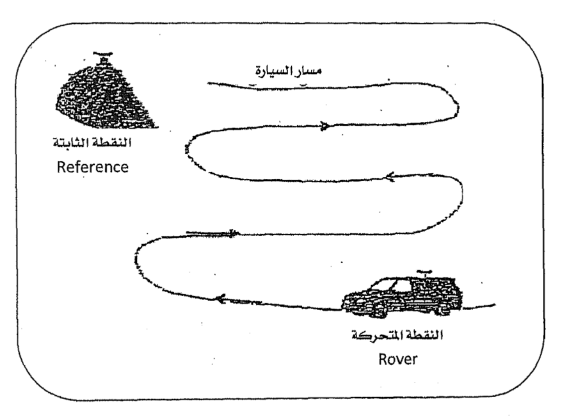
شكل رقم (3 – 2) يوضح طريقة الثبات والحركة

الرصد المستمر (Continuous):

وفيها ينتقل الراصد من نقطة إلى أخرى دون إغلاق الجهاز، بمعنى أن الجهاز مستمر في الرصد على الأقمار الصناعية ويسجل أرصادها أثناء حركة الجهاز في مساره، وتتم معالجة الأرصاد للحصول على إحداثيات النقط باستخدام البرنامج الحسابي الخاص بالجهاز. ويمكن بهذه الطريقة عمل خريطة كنتورية لمنطقة عن طريق تثبيت هوائي على سطح سيارة مثلاً والتحرك في منطقة العمل (انظر الشكل رقم (3 – 4))، وهذا النوع من الرصد المتحرك أقل دقة من الرصد الثابت إلا أنه يعطي نتائج جيدة جداً إذا ما قورن بأعمال الرفع العادية (من تثبيت نقاط المضلع ورصده وتصحيحه ورفع التفاصيل). تستخدم طريقة الرصد المتحرك في الأعمال التالية:

- يستخدم في رصد المضلعات.
- يستخدم في عمل نقاط الربط الأرضي لأعمال المسح الجوي.
- رفع التفاصيل.

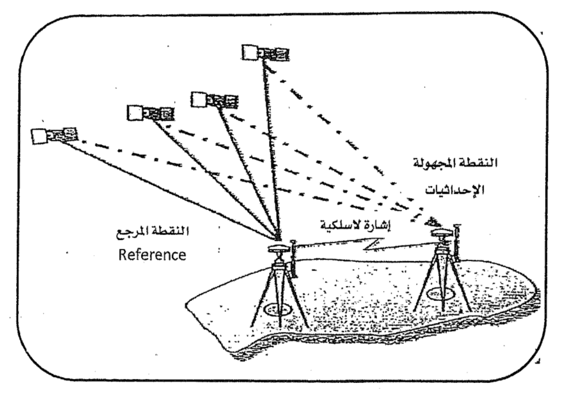
- إيجاد مساحة الأراضي الكبيرة.
- إنتاج خرائط كنتورية بدقة مقبولة لأعمال الدراسات التمهيدية للمشاريع الهندسية.



شكل رقم (3– 4) يوضح طريقة الرصد المستمر

الرصد المتحرك باللاسلكي (Real Time Kinematic):

تشبه إلى حد كبير الطريقة السابقة إلا أن الوحدتين في هذه الطريقة يتم تزويدهما بوحدتي إرسال لاسلكي فتقوم الوحدة المرجع (Reference) باستقبال إشارات الأقمار الصناعية ومعالجتها لاستخلاص قيمة الخطأ في إحداثيات النقطة وإرسال هذه البيانات إلى الوحدة المتحركة (Rover).



شكل رقم (3 – 5) يوضح طريقة الرصد باللاسلكي

ومن خلال البرنامج الحسابي بجهاز الوحدة المتحركة (Rover) يتم حساب إحداثيات النقط المرصودة تبعاً لنفس المسقط الموجود عليه الوحدة المرجعية (Reference)، مما يمكّن المساح من إيجاد إحداثيات النقط المرفوعة فوق الانتهاء من عملية الرصد، وهذه الطريقة مناسبة جداً لأعمال الرفع، إلا أنه يعيب هذه الطريقة تأثر موجات اللاسلكي بين الوحدتين بإشارات البث اللاسلكي الأخرى.

ويوجد أيضاً نوعان من هذه الطريقة:

- الثبات والحركة (Stop & Go).
- المستمر (Continuous).

أعمال الملاحة والتوجيه:

يمكن استخدام الجهاز في أعمال الملاحة بوضع هوائي الاستقبال فوق السيارة وإدخال إحداثيات النقطة المطلوب الوصول إليها للجهاز، فيقوم الجهاز بحساب المسافة المتبقية على الهدف المراد الوصول إليه وكذلك الاتجاه.

- يستخدم في أعمال الملاحة البرية.
- يستخدم في توجيه الطائرات والسفن.
- يستخدم لإيجاد اتجاه معين (اتجاه الشمال – اتجاه القبلة – الخ).

أساليب الرصد بأجهزة تحديد المواقع (G P S):

من خلال استخدام أجهزة تحديد المواقع (GPS) يمكن الحصول على إحداثيات النقاط بدقة عالية وفي زمن قصير بالمقارنة بالطرق التقليدية في المساحة الأرضية وتوجد عدة أساليب تستخدم للرصد بالجهاز تعتمد على عدد الأجهزة المتوافر لديك وهذه الأساليب هي:

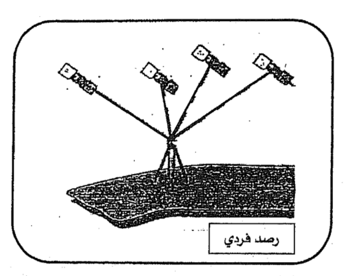
- أسلوب الرصد الفردي.
- الرصد المزدوج.
- رصد شبكة من النقاط.

وسنتناول بالشرح هذه الأساليب:

1) **أسلوب الرصد الفردي:**

نستخدم في هذا الأسلوب مستقبلاً واحداً يتم وضعه على النقطة (النقاط) المطلوب حساب إحداثياتهما ويشغل الجهاز لفترة زمنية تعتمد إلى حد كبير على الدقة المطلوبة في حساب الإحداثيات (انظر العوامل المؤثرة في زمن الرصد)، فكلما زادت الفترة الزمنية زادت الدقة المتوقعة والعكس صحيح، وتتم معالجة الأرصاد

كنقطة واحدة مستقلة بذاتها (Single Point Positioning) دون أي ارتباط بينها وبين أي نقطة أخرى (انظر الشكل رقم (3 – 6)). وتعرف طريقة المعالجة هذه اختصاراً (SPP)، ويطلق عليها أيضاً الطريقة المطلقة (Absolute Positioning)، وعادةً تكون دقة هذا النوع من الرصد أقل من الأنواع الأخرى نظراً لتأثر الأرصاد بالعديد من الأخطاء.



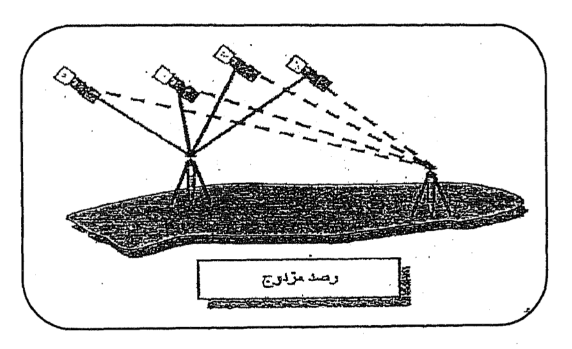
شكل رقم (3 – 6) أسلوب الرصد الفردي

2) الرصد المزدوج:

نستخدم في هذا الأسلوب جهازي استقبال في نفس الوقت، يوضع الأول على نقطة معلومة الإحداثيات ويسمى جهاز الاستقبال بالمرجع (Reference)، ويوضع الجهاز الثاني على النقطة المجهولة الإحداثيات ويسمى المتحرك (Rover) (انظر الشكل رقم (3 – 7)) وتجب مراعاة الآتي عند ضبط الأجهزة:

- يتم ضبط الوحدتين على نفس الفاصل الزمني.
- يتم تشغيل وغلق الجهازين معاً.
- يترك الجهازان لفترة زمنية مناسبة لتسجيل المعلومات.

وبعد قضاء الفترة الزمنية المطلوبة (انظر العوامل المؤثرة في زمن الرصد) يتم غلق الأجهزة ومعالجة الأرصاد المسجلة في الوحدتين باستخدام البرنامج الحسابي حيث يتم إيجاد إحداثيات النقط منسوبة إلى إحداثيات نقطة المرجع (Reference) وتعرف طريقة المعالجة هذه بالطريقة النسبية (Relative Positioning) أو الطريقة التفاضلية (Differential) وهذا الأسلوب في الرصد يسمح بالتخلص من الكثير من الأخطاء مما يعني الحصول على إحداثيات أدق للنقاط المرصودة.

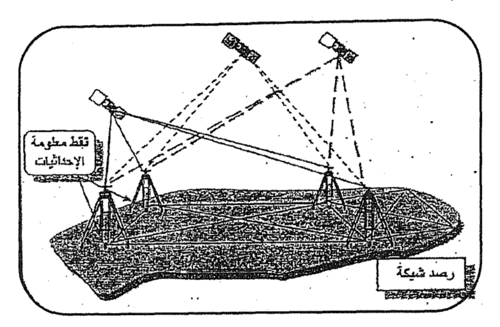


شكل رقم (3 – 7) طريقة الرصد المزدوج

رصد شبكة من النقاط:

يتم بوضع عدد من الأجهزة على مجموعة من النقاط ويشترط أن يكون جهاز أو أكثر موضوع على نقطة معلومة الإحداثيات ويترك فترة زمنية تتناسب مع طول الخط المرصود بين النقطة المعلومة الإحداثيات والنقطة الأخرى (انظر العوامل المؤثرة في زمن الرصد) ثم يتم تحريك الأجهزة بحيث يتم رصد كل نقطة بأكثر من اتجاه وتتم معالجة الأرصاد معاً وهذا الأسلوب من الرصد يعطي دقة

عالية جداً لإحداثيات تلك النقاط أعلى من الطريقتين الأولى والثانية (انظر الشكل رقم (3 – 8)).



شكل رقم (3 – 8) طريقة رصد شبكة من النقاط

العوامل المؤثرة في زمن الرصد:

يعتمد الزمن اللازم لعملية الرصد على عدة عوامل:

1. **الدقة المطلوبة من العمل:** كلما زادت الدقة المطلوبة زاد الزمن اللازم للرصد.
2. **المسافة بين النقطتين:** كلما زادت المسافة بين النقطة المرجع والنقطة المرصودة زاد الزمن اللازم للرصد.
3. **عدد الأقمار المرصودة:** كلما زاد عدد الأقمار المتاح قل الزمن اللازم للرصد.
4. **التوزيع الهندسي للأقمار:** كلما كان التوزيع الهندسي جيداً (أقل من 8) قل الزمن اللازم للرصد.
5. **الفاصل الزمني المستخدم:** كلما زاد الفاصل الزمني المستخدم (تبعاً لطريقة الرصد المستخدمة) زاد الزمن اللازم للرصد.

مقارنة بين زمن الرصد والدقة المحتملة لطرق الرصد المختلفة:

يقصد بالدقة المحتملة لرصد نقطة هو مجموع نوعين من الأخطاء تحدث عند القياس بأجهزة تحديد المواقع (GPS) أحدهما ثابت والآخر يتغير تبعاً لطول خط القاعدة، وتكتب على الصورة (قيمة ثابتة + عدد أجزاء معين لكل مليون جزء)، والجدول التالي يوضح الزمن المطلوب للرصد في كل طريقة من طرق الرصد والدقة المحتملة لها:

طريقة الرصد	زمن الرصد لكل نقطة	الدقة المحتملة
ثابت (باستخدام جهاز أحادي التردد)	45 – 60 دقيقة	(1 سم + 2 جزء بالمليون)
ثابت (باستخدام جهاز ثنائي التردد)	45 – 60 دقيقة ويزيد الزمن بزيادة المسافة بين النقطتين وعدد الأقمار المتاح والتوزيع الهندسي لها	0.5 سم + 1 جزء بالمليون
ثابت سريع	8 – 20 دقيقة تبعاً لعدد الأقمار المرصودة	تقترب من دقة الرصد الثابت
متحرك	5 – 30 ثانية في حالة الحركة (Stop & Go) 0.5 – 5 ثانية في حالة الحركة المستمرة	2 – 5 سم + 2 جزء بالمليون
متحرك مزود باللاسلكي	5 – 30 ثانية تبعاً لحاجة العمل	2 سم + 2 جزء بالمليون

أمثلة عددية:

مثال (1): احسب الخطأ المحتمل في إحداثيات نقطة إذا علمت أن المسافة بين نقطتي الرصد تساوي 20 كيلومتر، وأن الدقة المحتملة للرصد هي (1 سم + 2 جزء بالمليون).

الحل:

2 مم لكل مليون مم

2 مم لكل كيلومتر

الخطأ المحتمل في إحداثيات النقطة = 10 + (2 × 20) = 50 مم = 5 سم

مثال (2): إذا كانت المسافة بين النقطة المرجعية ونقطتي الرصد أ، ب تساوي 25، 40 كيلومتر على الترتيب، والدقة المحتملة للرصد بالجهاز تساوي (0.5 سم + 1 جزء بالمليون). احسب الخطأ المحتمل في إحداثيات النقطتين أ، ب.

الحل:

1 مم لكل مليون مم.

1 مم لكل كيلومتر.

الخطأ المحتمل في إحداثيات النقطة (أ) = 5 + (1 × 25) = 30 مم = 3 سم

الخطأ المحتمل في إحداثيات النقطة (ب) = 5 + (1 × 40) = 45 مم = 4.5 سم

مثال (3): إذا كان لديك نوعان من الأجهزة الأول يعطي دقة (10 سم + 1 جزء بالمليون) والثاني يعطي دقة (0.5 سم + 10 جزء بالمليون) ولديك خطا قاعدة الأول طوله 10 كم والثاني طوله 100 كم. حدد أي جهاز ستستخدم لقياس كل خط.

الحل:

في حالة استخدام الجهاز الأول: (10 سم + 1 جزء بالمليون)

1 مم لكل مليون مم

1 مم لكل كيلومتر

الخطأ المحتمل في إحداثيات الخط الأول = 100 + (1 × 10) = 110 مم = 11 سم

الخطأ المحتمل في إحداثيات الخط الثاني = 100 + (1 × 100) = 200مم = 20سم

في حالة استخدام الجهاز الثاني: (0.5 سم + 10 جزء بالمليون)

10 مم لكل مليون مم

10 مم لكل كيلومتر

الخطأ المحتمل في إحداثيات الخط الأول = 5 + (10 × 10) = 105 مم = 10.5 سم

الخطأ المحتمل في إحداثيات الخط الثاني= 5 +(10 × 100)=1005مم =100.5سم

من الحل السابق نلاحظ أن:

يمكن استخدام أي من الجهازين في قياس المسافة 10 كم (الدقة تقريباً متساوية)، أما في حالة المسافة الكبيرة 100 كم فنستخدم الجهاز الأول على الرغم من ارتفاع قيمة الخطأ الثابت للجهاز.

الوحدة الرابعة

أنواع أجهزة وإشارات تحديد المواقع

الوحدة الرابعة

أنواع أجهزة وإشارات تحديد المواقع

أنواع أجهزة تحديد المواقع (GPS):

يمكن تقسيم أجهزة تحديد المواقع (G P S) من حيث نوع الإشارة والشفرة المرصودة إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

- أجهزة قياس شفرة المعايرة C/A للمدى الكاذب (C/A Code Pseudo Range).
- أجهزة قياس شفرة C/A لطور الموجة المحمولة (C/ACodeCarrierPhase).
- أجهزة قياس شفرة P – Code.

وسنقوم بشرح كل نوع ثم نعقد مقارنة بين مميزات وعيوب كل نوع.

أجهزة قياس شفرة المعايرة C/A للمدى الكاذب:

(C/A Code Pseudo Range):

وهذا النوع من الأجهزة صغير الحجم، سهل الحمل، يعمل بالبطاريات الجافة، يحتوي على من 1 – 6 من قنوات استقبال، وتظهر النتائج في صورة إحداثيات جغرافية (خط الطول، دائرة العرض، الارتفاع)، أو على صورة إحداثيات كارتيزية (س، ص، ع) ومن أمثلة هذا النوع أجهزة الملاحة من إنتاج شركة ماجلان وجارمن.

أجهزة قياس شفرة C/A لطور الموجة المحمولة:

(C/A Code Carrier Phase):

معظم الأجهزة المستخدمة في المساحة تستخدم هذه التقنية لقياس المسافات وذلك باستخدام طور الموجة من التردد الأول L1 حيث إن الشفرة C/A ليست ممثلة على التردد L2 ويكون الجهاز في هذه الحالة أحادي التردد أما في حالة رصد طور الموجة للتردد الثاني بالإضافة إلى طور الموجة على التردد الأول باستخدام تقنية خاصة يكون الجهاز في هذه الحالة ثنائي التردد، ويكون قادراً على قياس طور الموجة على الذبذبتين (L1/L2)، وهذا النوع من الأجهزة يحتوي على من 4 – 12 قناة استقبال.

أجهزة قياس شفرة P – Code (P – Code Carrier Phase):

هذه الأجهزة تستخدم شفرة (p) مما يمكن من استقبال الإشارات المحمولة على الترددين (L1-L2)، ويستخدم هذا النوع بكثرة في الاستخدام العسكري، وقد تم تطوير هذا النوع بنهاية عام 1991 ميلادية ليصبح قادراً على قياس مسافة 100 كم بخطأ في حدود بضع سنتيمترات، كما يمكنه قياس طول معتدل (20 كم) بدقة بضع سنتيمترات باستخدام تقنية خاصة تسمى المسار العريض (Wide laning) والتي تعتمد على قياس الطور على كلا الترددين.

مقارنة بين مميزات وعيوب الأنواع المختلفة من أجهزة تحديد الواقع:

نوع الجهاز	المميزات	العيوب
أجهزة قياس شفرة المعايرة C/A للمد الكاذب	• أجهزة صغيرة يمكن حملها باليد. • رخيصة الثمن بالمقارنة بالأجهزة الأخرى. • لا تحتاج إلى أي تجهيزات قبل عملية الرصد. • تستخدم البطاريات الجافة كمصدر للطاقة. • تستقبل من 1 إلى 6 قنوات استقبال. • تستخدم في أعمال الملاحة البرية.	•وجود كثير من مصادر الأخطاء والتي لا يمكن إزالتها أو التقليل من تأثيرها. •دقة حساب الإحداثيات النقطة ضعيفة جداً قد تصل إلى أكثر من 100 متر. •تحتاج إلى وقت كبير لعملية الرصد. •لا يمكن وضعها على نقطة محددة نظراً لعدم وجود وسيلة للتسامت.
أجهزة قياس شفرة C/A لطور الموجة المحمولة	• تستقبل 12 قناة من قنوات الاستقبال في وقت واحد. • يستقبل الإشارات المحمولة على الترددات L1/L2 • دقة حساب إحداثيات النقطة عالية. • يمكن ضبط الهوائي فوق نقطة محددة نظراً لوجود وسيلة للتسامت. • تستخدم بطاريات خاصة كمصدر للطاقة. • يوجد معها برنامج حسابي يعالج الأرصاد ويقوم بحساب إحداثيات النقطة بدقة تصل	•أجهزة كبيرة الحجم وثقيلة الوزن. •تحتاج إلى تجهيزات خاصة قبل عملية الرصد حيث يتم تثبيت الهوائي على الحامل الخاص به وتوصيل الهوائي بالمستقبل. •مرتفعة الثمن.

العيوب	المميزات	نوع الجهاز
	إلى أقل من بضع سنتيمترات تبعاً للطريقة المستخدمة في الرصد وطول الخط المرصود. • يزوج بكارت تخزين لتخزين مدة طويلة من الأرصاد يستخدم في أعمال المساحة.	
• تستخدم في الأغراض العسكرية. • لا يمكن الحصول عليها إلا بترخيص من وزارة الدفاع الأمريكية. • لا يمكن وضعها على نقطة محددة نظراً لعدم وجود وسيلة للتسامت.	• أجهزة صغيرة يمكن حملها باليد. • معتدلة الثمن. • لا تحتاج إلى أي تجهيزات قبل عملية الرصد. • تستخدم البطاريات الجافة كمصدر للطاقة. • يستقبل إشارة P code المحمولة على الترددات L1/L2. • تستقبل 12 قناة من قنوات استقبال في وقت واحد. • تتم معالجة الأرصاد وحساب إحداثيات النقطة بدقة تصل إلى أقل من بضعة أمتار باستخدام برنامج حسابي خاص.	أجهزة قياس شفرة P – code

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام أجهزة تحديد المواقع (G P S) في أعمال المساحة:

يجب على المساح مراعاة العناصر التالية للحصول على الدقة المطلوبة في أعمال الرفع المساحي:

1. لا بد من وجود جهازين على الأقل: يوضع الجهاز الأول على النقطة المعلومة الإحداثيات ويسمى المرجع (Reference) ويوضع الجهاز الثاني على النقطة المطلوب إيجاد إحداثياتها ويسمى المتحرك (Rover).
2. يجب التأكد من عدم وجود عوائق تعوق وصول إشارة الأقمار إلى النقطة (تبادل الرؤية بين النقطة والقمر)، وفي حالة وجود عائق يعيق تبادل الرؤية بين القمر والجهاز المتحرك (وجود أشجار كثيفة، مباني عالية). يجب الانتظار فترة زمنية أطول على النقطة المرصودة.
3. يجب أن يشترك الجهازين في الرصد على 4 أقمار على الأقل في نفس الوقت، وألا يحدث انقطاع لإشارة الأقمار أثناء عملية الرصد.
4. لا بد من ضبط الجهازان على نفس الفاصل الزمني.
5. لا بد من مراعاة مواصفات النقط المرصودة بجهاز تحديد المواقع (GPS) عند اختيار مواقع النقط (راجع مواصفات النقط).
6. يجب التأكد من التوزيع الهندسي الجيد للأقمار بالنسبة لكلا النقطتين المرصودتين.
7. يجب أن تكون إحداثيات النقطة الأولى (المرجع) معلومة بدقة بالنسبة للنظام العالمي (WGS 84) وكل النقط الناتجة ستكون منسوبة لهذا النظام.
8. للتحويل إلى النظام المحلي المستخدم في المملكة والمسمى عين العبد (AIN ELABD) لا بد من وجود أربع نقط على الأقل معلومة الإحداثيات في النظام العالمي (WGS 84) والنظام المحلي AIN ELABD لإيجاد معادلة التحويل بين النظامين (7 – Parameter).

إشارات الأقمار الصناعية:

تحديد موقع نقطة واحدة SPP:

Single Point Positioning و هو النوع المتاح للتطبيقات المدنية والذي يستطيع أي جهاز استقبال الحصول على إشارته و استخدامها في تحديد موقع و إحداثيات الجهاز على سطح الكرة الأرضية، و يقوم المستقبل بتحديد الموقع بطريقتين هما:

الأولى تعتمد على إزاحة دوبلر Doppler Shift للإشارات الكهرومغناطيسية:

المرسلة من الأقمار الصناعية و هي ناتجة عن السرعة النسبية للدوران بين الأرض و الأقمار الصناعية.

الثانية تعتمد على قياس التأخير الزمني بين الإشارات الكهرومغناطيسية.

الواصلة من الأقمار الصناعية وإشارات جهاز الاستقبال.

التحديد الدقيق لإحداثيات نقطة PPS:

PrecisePointPositioning وهو نوع الإشارات المشفرة و المخصص فقط للاستخدامات العسكرية للقوات الأمريكية و حلفائها فقط.

و يستخدم GPS الموجات المنخفضة L2&L1 ليرسل إشارة ترددها MHZ 1575.42 و ذلك في نطاق التردد فوق العالي UHF band، و هذه الإشارات تمر من خلال السحب و الزجاج و البلاستيك و لكنها لن تمر من خلال معظم المواد الصلبة مثل المباني و الجبال.

إشارات GPS تحتوى على ثلاثة أجزاء مختلفة من المعلومات هي:

1. (Pseudo random Code PrC): وهو مجرد رمز يحدد هوية الأقمار الصناعية التي تنقل البيانات لنا و يمكنك عرض هدا الرمز على اى وحدة Germin GPS Units Satellite Page لأنها تحدد الأقمار الصناعية التي نتلقى منها الإشارات.
2. بيانات التقويم الفلكي أو المدار.
3. معلومات تعديل البيانات.

هذه المعلومات تدخل إلى الميكرو بروسيسور و تتحد مع المعلومات المخزنة عن كل قمر صناعي من حيث مداره و سرعته و موقعه و هكذا.

و بعد عدة عمليات حسابية يحدد جهاز الاستقبال موقعه على سطح الكرة الأرضية و يظهر النتائج على شاشة العرض.

وصف طريقة استقبال الإشارات و تحديد بعد القمر عن المستقبل:

يعتمد مستقبل GPS على أمواج الراديو الكهرومغناطيسية و التي تنتشر بسرعة الضوء لحساب المسافة التي تفصله عن الأقمار الصناعية و دلك لحساب المدة التي استغرقتها الأمواج لتقطع المسافة.

في وقت محدد يبدأ القمر الصناعي بإرسال سلسلة رقمية طويلة ذات ترميز شبه عشوائي (PRN) و يبدأ مستقبل GPS في توليد سلسلة مطابقة تماما و في نفس الوقت تماما و عندما تصل إشارة القمر الصناعي إلى المستقبل ستكون السلسة المستقبلة متأخرة عن السلسة المتولدة بمقدار زمن الرحلة من القمر الصناعي حتى الأرض.

عندها يقوم المستقبل بضرب الزمن في سرعة الضوء لتحديد المسافة، وناتج الضرب هو بعد القمر الصناعي عن جهاز الاستقبال تبعا للمعادلة الآتية:

وللقيام بهذه العملية بهذه الدقة فان كلا من المستقبل و القمر الصناعي بحاجة إلى مؤقتات (ساعات درية) مضبوطة بالـ Nanosecond و يقوم المستقبل بضبط مؤقته باستمرار للحصول على أعلى دقة.

الفرق بين إشارة القمر الصناعي وإشارة جهاز الاستقبال:

و لدقة حساب الموقع العديد من العوامل في الاعتبار مثل:

1) تأثير الغلاف الجوى على الإشارات المرسلة.
2) تأثير مجال الجاذبية الأرضية على الإشارات المستقبلة حيث أن الجاذبية تعمل على ازدياد ترددها كلما اقتربت من الأرض.

مصادر الخطأ في الإشارات:

1) طبقتي الايونوسفير و التروبوسفير: تؤثر طبقتي الايونوسفير و التروبوسفير على الإشارات المرسلة من الأقمار الصناعية لأنها إشارات كهرومغناطيسية تتأثر بأي مجال كهربائي تتعرض له.
2) الإشارات متعددة القنوات: تؤثر على مدى ما يستقبله جهاز الاستقبال من إشارات.
3) أخطاء استقبال و ضبط الساعة أو المؤقت.
4) أخطاء المدار (التقويم الفلكي).
5) عدد الأقمار الصناعية المرئية للمستقبل: كلما زاد عدد الأقمار الصناعية المرئية لجهاز الاستقبال كلما زادت دقة تحديد الموقع.

6) تـدهور إشـارات القمـر الصـناعي: كلمـا تقـدم عمـر القمـر الصـناعي كلمـا تدهورت إشاراته و انحرفت قيمها عن القيم الصحيحة من حيث بيانات المدار أو التقويم الفلكي و تقويم البيانات.

7) الإتاحية المنتقاة (Selective Availability SA): من الثمانينيات إلى أول مـايو 2001، و هـي نسـبة خطـأ مقصـودة في تحديـد الموقـع، وكانـت موضـوعة بواسطة حكومة الولايات المتحدة الأمريكية بغرض منـع المستخدمين المدنين من تحديد موقعهم بدقة و خاصة مستخدمين الأجهزة الملاحية ، و كانت الإتاحية المنتقـاة في حـدود 100مـتر ثـم انخفضـت إلى 22 مـتر ثـم تم إلغاؤهـا في 2001/5/1.

من مصادر الخطأ في الإشارات الانحراف الناتج عن الخطأ:

1. طبقة الايونوسفير 0.5.
2. طبقة التروبوسفير 0.5.
3. الإشارات متعددة القنوات 0.6.
4. أخطاء استقبال و ضبط الساعة 0.3.
5. أخطاء المدار (التقويم الفلكي) 2.5.
6. الإتاحية المنتقاة (SA 22).
7. تدهور إشارات القمر الصناعي 1.5.

المجموع: 32.4

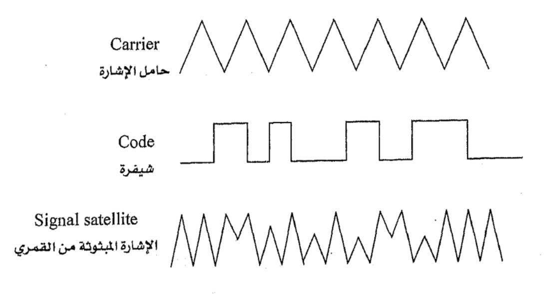
كل هذه الأسباب تؤدى إلى تراجع دقة تحديد الموقع بواسطة أجهزة GPS إلى مـا يقـارب 8 مـتر كخطـأ في تحديـد الموقـع ، ممـا أدى إلى ظهـور أنظمة (S/GBAS) Satellite/Ground Based Augmentation Systems التعزيز و توسيع المجال و هي عدة أقمار صناعية إضافية تصحح إشارات الأقمار

العادية و تبث القيم الصحيحة نحو الكرة الأرضية، ويستطيع أي جهاز استقبال استقبالها ثم تصحيح البيانات المرسلة له من الأقمار العادية.

تستخدم أقمار الجي بي اس ميقاتيات صغيرة جداً (atomic clocks) ونطاقين من الترددات النظامين (Frequency bands) في عملية بث الإشارات التي تتضمن المعلومات الضرورية لتنفيذ عملية الملاحة والمتمثلة:

1) زمن و موقع كل قمر بالنسبة للمدار الخاص به (Ephemeredes or orbital position).
2) التصحيحات الزمنية لميقاتياتها (Correction to their clocks).
3) والمواصفات العامة للتقويم الزمني (General Almanac)على المدى الطويل لكل مدارات الأقمار الصناعية.

تنقل هذه الإشارات على نوعين من الأمواج (Carrier frequencies) ويتردد أساسي مقداره (10.23 MHz) كما هو مبين في الشكل (4 – 1).



(شكل 4 – 1) شكل الإشارة المبثوثة مع الحامل والشيفرة (from Seeber, 1993)

تبلغ أبعاد هذه الأمواج كما يلي:

1. الموجة الأولى L1=154*10.23=1575.42 MHz (19.05 cm)
2. الموجة الثانية L2 =120*10.23=1227.60 MHz (24.45 cm)

تم تشفير هذه الترددات بنوعين من الشفرات الخاصة (codes) كما يلي:

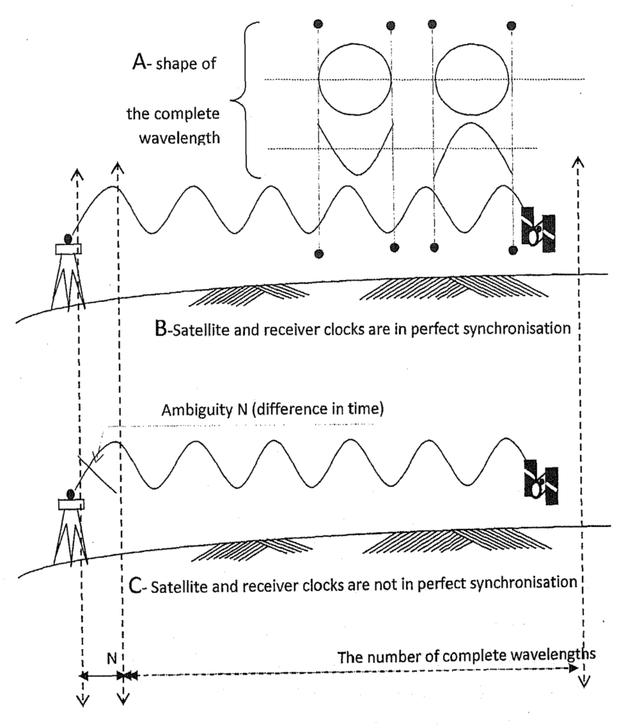
الشفرة الدقيقة المحملة على الموجة:

L1(Precise code, P code=10.23 MHz)

الشفرة المشوشة المحملة على الموجة:

L21.023 MHz)= (Coarse Acquisition code, C/A).

يقوم جهاز الاستقبال بتلقي الإشارات وحل الشيفرة محددا بذلك زمن وصولها إليه. إذا تزامنت ميقاتية جهاز الاستقبال مع ميقاتيات الأقمار فان رصد ثلاثة أقمار ذات مواقع متباينة كافية لتحديد الإحداثيات الثلاثية لموقع جهاز الاستقبال. لكن في الحالة العملية يلزم رصد أربعة أقمار لحذف تأثير التباين الزمني غير المعلومو الموجود بين هذه الميقاتيات نتيجة عدة عوامل مؤثرة خارجية وداخلية (انظر إلى الفقرة التالية المتضمنة العوامل المؤثرة على دقة الجي بي اس). لتعيين قيمة هذا المقدار الزمني المجهول (Ambiguity) والذي يأخذ الرمز (N) كما هو مبين في الشكل (4 – 2)(B,C) فأنه من الضرورة رصد قمر رابع. يتشكل أيضا هذا التباين الزمني المذكور آنفا عندما يفقد جهاز الاستقبال اتصاله (الإرسال اللاسلكي) بشكل مفاجئ مع قمر أو أكثر في حين يظل على اتصال مع الأقمار الأخرى التي لا يتجاوز عددها عن أربعة وتسمى هذه العملية بانخفاض الموجة (Cycle slips) كما هو مبين في الشكل (4 – 3).



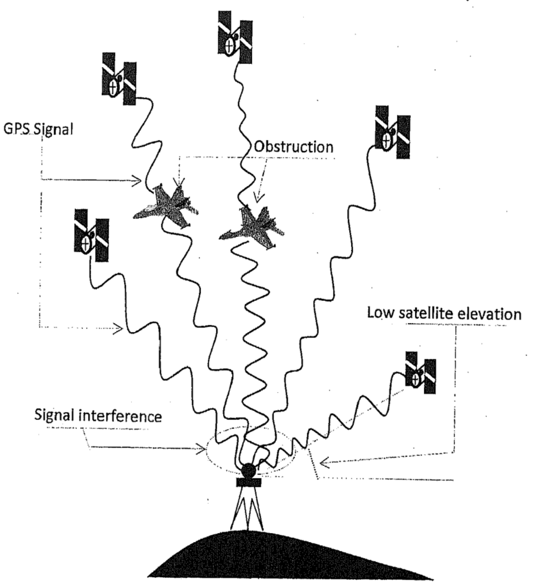
(شكل 4 – 2) تشكل التباين الزمني (Ambiguity)

تعزى أسباب فقدان هذا الاتصال إلى عدة عوامل أبرزها:

(1) مرور طائرة بين القمر و جهاز الاستقبال مشكلة بذلك حاجز مادي وانقطاع مفاجئ في عملية الإرسال.

(2) تواجد القمر الصناعي على مستوى منخفض من مستوى مجال عمل جهاز الاستقبال.

(3) تراكب وتداخل الأمواج الحاملة للإشارات فيما بينها عند هوائي جهاز الاستقبال.



(شكل 4 – 3) أسباب تشكل الانخفاض الزمني في الإشارة المبثوثة.

تتجاوز قيمة هذا الانخفاض الزمني في بعض الحالات إلى ملايين من الدوائر الزمنية أو عدة دوائر و أحيانا نصف دائرة (180 درجة) وذلك تبعا لنوعية وحجم العوائق (Seeber, 1993). توجد عدة طرق رئيسية لمعالجة هذا التباين الزمني في عدد الأمواج والذي يؤثر على دقة الجي بي اس:

1) الطريقة الهندسية (The Geometric Method).
2) طرق بحث عن الفارق الزمني (The Ambiguity Search Methods).
3) الطريقة التجميعية (التراكبية) لمجموعة حامل الموجة والشيفرة (The Combination of Code and Carrier Phase Observation).
4) الطرق التجميعية العامة (The Combined Methods).
5) الطرق الهيروستكية التقريبية (Heuristic Techniques).

الوحدة الخامسة

مصادر الأخطاء وعناصر الدقة

الوحدة الخامسة

مصادر الأخطاء وعناصر الدقة

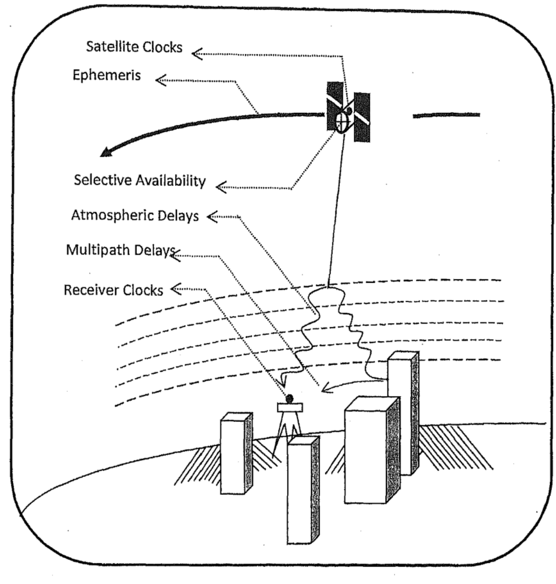
1) العوامل المؤثرة على دقة نظام الجي بي اس (Satellite Errors) :

تتأثر دقة قياسات الجي بي اس بعدة عوامل داخلية تتعلق بالأقمار الصناعية وأجهزة الاستقبال و بعوامل خارجية تتعلق بالأمواج الحاملة للإشارات (Elliott, 1996) كما هو مبين في الشكل (5 – 1):

1. تأثير طبقات الغلاف الجوي المحيط (Ionosphere and Troposphere).
2. وشوشات في أجهزة الاستقبال (Receiver Noise).
3. أخطاء في شيفرة الأقمار الصناعية (Ephemeris).
4. الانعكاسات المتداخلة للإشارات المبثوثة (Multipath).
5. مقدار التشويش المتعمد من قبل العسكرية الأمريكية (Selective Availability).

2) تأثير العوامل الجوية المحيطة (The Atmospheric Effect):

تتأثر سرعة الإشارات بالعوامل الجوية المتمثلة بالطبقة العليا والسفلى للغلاف الجوي الايونوسفير(Ionosphere) والتربوسفير(Troposphere). إن جزئيات الايونوسفير وبخار الماء في التربوسفير تسبب في تأخير سرعة الإشارات وبالتالي على دقة الموقع المراد تحديده. تستخدم أجهزة الاستقبال المتطورة عوامل تصحيح آنية خلال إجراء عملية القياسات ولكن باعتبار إن المناخ الجوي متغير من نقطة إلى أخرى ومن لحظة إلى أخرى فانه من الصعوبة تأمين عوامل التصحيح المناخية المناسبة التي تعوض التأخير الحاصل في سرعة الإشارات.



(شكل5 – 1) تاثير الغلاف الجوي.

3) تاثير جهاز الاستقبال (Receiver Effects):

إن المهمة الأساسية للأجزاء الداخلية الإليكترونية لجهاز الاستقبال التقاط تجميع وتنقية و تحليل الإشارات المبثوثة بغية تأمين المعلومات الضرورية لتنفيذ عملية الملاحة بنجاح. يتأثر عمل هذه الأجزاء الحساسة بعدة عوامل خارجية وداخلية أهمها:

1. التغير الشاقولي لمركز مجال هوائي جهاز الاستقبال (antenna phase center) تبعا لمستوى ارتفاع القمر (Satelliteelevation)، و قوة الإشارة وتأثير تعدد مجازاتها في جوار الهوائي (The signal strength and the multipathing).
2. تغير توزع ووصول الإشارات المستمر.
3. عدم استقرار الميقاتيات الداخلية واهتزاز نوابضها تبعا للعوامل الخارجية كالرياح وحركة الأرض بجوار جهاز الاستقبال.

4) اخطاء الأقمار الصناعية (Satellite Errors):

أن للدقة البالغة لمواقع الأقمار الصناعية في الفضاء أهمية عظيمة باعتبارها النقاط البدائية لعملية الحساب و القياس ولهذا السبب تم ضبط حركة هذه الأقمار بمدارات اهليلجية ثابتة وغير متأثرة بالتقلبات المناخية المحيطة.

5) تاثير تعددية مسار الإشارات (Multipath Effect):

تنحرف الإشارات المبثوثة عن مسارها المباشر عند اقترابها من سطح الكرة الأرضية وتصل إلى هوائيات أجهزة الاستقبال عبر مسارات متعددة (مباشرة وغير مباشرة) بسبب وجود بعض العوائق المحيطة بأجهزة الاستقبال كالأبنية وغيرها و يسمى الخطأ الناتج عن هذا التأثير بالخطأ المتعدد المجازات كما هو مبين في الشكل (5 – 2). يستقبل الهوائي الإشارة المباشرة في البداية (لان الممر المباشر دائما أسرع) ومن ثم تصل الإشارات المنعكسة متأخرة بعض الشيء وهذا ما يؤدي إلى تداخل وتراكب الإشارات المتأخرة مع الإشارة المباشرة مسببة وجود نتائج غير صحيحة في إحداثيات موقع جهاز الاستقبال. يعتبر تأثير تعددية مجاز الإشارات من أهم الأخطاء المؤثرة على دقة الجي بي اس لصعوبة تحديده وتغيره من فترة إلى اخرى بسبب الدوران المستمر للأقمار. كمثال واقعي يومي على هذا الخطأ يمكن أن يلاحظ في أجهزة التلفاز عندما تظهر خيالات متعددة للصورة الأصلية على الشاشة

بسبب أن الإشارة المبثوثة من المحطة الرئيسية قد تأخذ اكثر من ممر لتصل إلى هوائي التلفزيون وبالتالي تظهر عدة صور متراكبة فوق بعضها البعض في نفس الوقت.

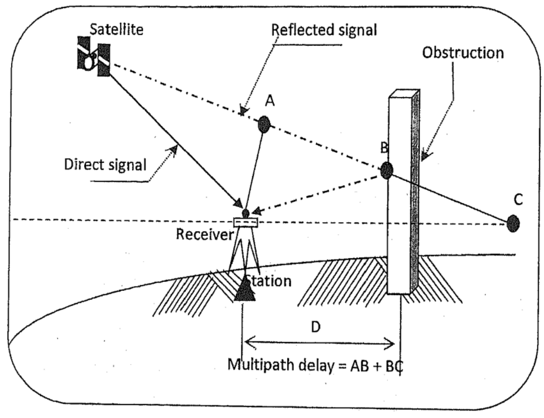
6) التاثيرات المتعمدة (Selective Availability):

يعتبر هذا التأثير المتعمد والموضوع من قبل وزارة الدفاع الأمريكية الأشد خطورة على دقة الجي بي اس من التأثيرات السابقة ويسمى بالتأثيرات المتاحة انتقائيا . أن الغاية الرئيسية من استخدام هذه التأثيرات المتعمدة منع أية جهة أخرى (باستثناء العسكرية الأمريكية) من العبث بدقة الجي بي اس أو الحصول على قياسات متناهية الدقة و تتمثل هذه التأثيرات:

1. إحداث بعض التشويشات (Noise) في مقاتيات الأقمار بغرض التقليل من دقتها .
2. بث ذبذبات (Erroneous orbital data)مترافقة مع الإشارات المرسلة للتأثير على دقة مواقع المدارات الاهليلجية لهذه الأقمار وبالتالي تؤدي إلى وجود بعض الأخطاء في الشيفرة المستقبلة(Ephemeris).

تتجلى فعالية هذه التأثيرات المتعمدة بوضوح في قياسات الجي بي اس المستخدمة في الأغراض المدنية، في حين يتم معالجة هذه التأثيرات في الأعمال العسكرية باستخدام أجهزة استقبال خاصة تحوي على برامج مخصصة لتحديد حجم هذه الأخطاء وكيفية التخلص منها . تؤثر الأخطاء المذكورة أعلاه رغم حجمها الصغير على دقة قياسات الجي بي اس الأساسي (Basic GPS) مع العلم إن بعض المواقع تتطلب دقة بالغة. لسوء الحظ ليس بالإمكان تحديد حجم الفرق في القياسات المتشكل من وجود الأخطاء المذكورة واستخدامه لتصحيح كل القياسات خلال إجراء عملية الرصد لان أخطاء الأقمار الصناعية متغيرة باستمرار لهذا فأنه من الأهمية بمكان تقليل تاثير حجم هذه الأخطاء قدر المستطاع. إن

الطريقة المتبعة في تحسين دقة الجي بي اس الأساسي وذلك بتقليل التأثيرات الخارجية والأخطاء المذكورة أعلاه يتم باستخدام الطريقة التفاضلية (Differential GPS) أو ما يعرف بالجي بي اس التفاضلي الذي يؤمن دقة قياسات جيدة تصل لبضعة الأمتار في التطبيقات المتحركة كالبواخر والسيارات وبشكل أفضل في الأوضاع الثابتة كالنقاط الجيوديزية والمساحية.

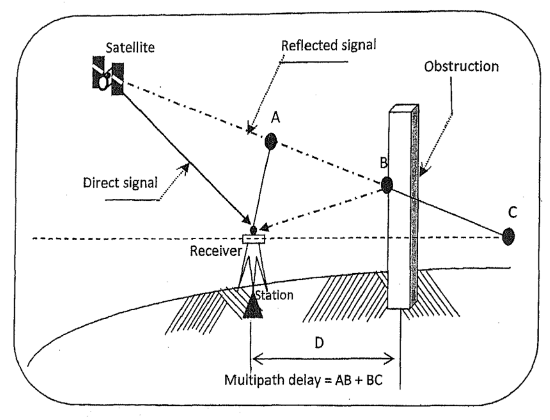


(شكل 5 – 2) تاثير تعددية مسار الإشارة.

7) نظام التعيين الإحداثي الكروي التفاضلي:

(Differential Global Positioning System GPS)

تهدف فكرة الجي بي اس التفاضلي إلى حذف معظم الأخطاء الطبيعية والأخطاء المتسببة من قبل المستخدم والمؤثرة بشكل غير مباشر على عملية القياسات وذلك باستخدام جهازين استقبال أو أكثر بآن واحد (أحد هذه الأجهزة على الأقل ثابت) خلال عملية الرصد من بدايتها وحتى نهايتها. يدعى جهاز الاستقبال الموضوع على النقطة الثابتة ذات الإحداثيات المعلومة والمحسوبة مسبقا بدقة متناهية جدا بالجهاز المرجعي(Reference Receiver) ومهمته مراقبة وتسجيل الأخطاء المتشكلة في قياسات أجهزة الاستقبال المتحركة (Roving Receiver) وتحديد حجمها الفعلي وتقدير تصحيحاتها ومن ثم تطبيقها على القياسات المرصودة آنيا (real-time position measurement) أو بعد الانتهاء من عملية الرصد. تنفذ عملية تصحيح القياسات في كافة التطبيقات المدنية بسرعة جدا تتراوح من 2 إلى 30 ثانية. يتم حساب حجم هذه الأخطاء المتغيرة التأثير والتي يصعب التنبؤ عن حدوثها بمقارنة الإحداثيات الجديدة المرصودة بالجي بي اس مع الإحداثيات القديمة المرصودة بالطرق المساحية الأخرى لنفس النقطة (ومن هنا تأتي كلمة تفاضل). أن المفهوم التفاضلي لتصحيح قياسات الجي بي اس مستخدم بشكل عالمي في التطبيقات العلمية والصناعية ولهذا فانه توجد معدلات قياسية عالمية International Association of Lighthouse Authorities (IALA) لإرسال واستقبال هذه التصحيحات تسمى البروتوكول. تعتبر عملية الرصد باستخدام الجي بي اس الأساسي مستقلة كون أن القياسات ترصد بأجهزة الاستقبال المتحركة وباستخدام الأقمار الصناعية كنقاط مرجعية لها، في حين تنفذ عملية الرصد في الجي بي اس التفاضلي بأجهزة الاستقبال المتحركة وباستخدام جهاز الاستقبال الثابت الذي يربط كل القياسات به كنقطة مرجعية.



(شكل 5 – 3) الجي بي اس التفاضلي(Differential GPS)

جدول (1):

الدقة لكل قمر صناعي Per Satellite Accuracy	الجي بي اس الأساسي Standard GPS	الجي بي اس التفاضلي Differential GPS
مقاتيات القمر الصناعي Satellite Clocks	1.5	0
أخطاء مدار الدوران Orbit Errors	2.5	0
الايونوسفير Ionosphere	5	0.4
التربوسفير Troposphere	0.5	0.2
وشوشات جهاز الاستقبال Receiver Noise	0.3	0.3
انعكاسات العوائق المحيطة Multipath	0.3	0.6
التشويش المتعمد Selective Availability	30	0

جدول 2:

دقة الموقع Typical Position Accuracy	الجي بي اس الأساسي Standard GPS	الجي بي اس التفاضلي Differential GPS
المسافة الأفقية Horizontal	50	1.3
المسافة الشاقولية Vertical	78	2
الأبعاد الثلاثة 3D	93	2.8

بالنظر أعلاه إلى قيم الجدولين تتبن قدرة و فعالية الجي بي اس التفاضلي في تأمينه الدقة العالية التي تجعل منه نظام ملاحي عالمي و وسيلة فعالة لتحديد حركة وموقع أي جسم على هذه الكرة الأرضية.

8) استخدامات الجي بي اس التفاضلي:

تقوم محطات التقوية الثابتة (Marine Radio Beacons) والمنتشرة على كافة السواحل العالمية بتدعيم عمل الجي بي اس عن طريق بث واستقبال الإشارت وإجراء التصحيحات الفورية عليها. باعتبار إن هذه التصحيحات متوفرة بشكل حر وبالتالي فلا حاجة لجهاز استقبال ثاني لتنفيذ عملية الرصد التفاضلي لان اقرب محطة ثابتة سوف تقوم بالعمل وكأنها جهاز استقبال آخر. يلعب نظام الجي بي اس التفاضلي دورا هاما في الملاحة البحرية وعلى الأخص فيما يتعلق بأعمال الحماية والحراسة البحرية (The Coast Guard) وذلك:

1. بتزويد كل المتطلبات الضرورية التي تتضمن عوامل الأمان.
2. التنبؤ عن الأحوال الجوية.
3. تأمين عوامل الإنقاذ في حالة الطوارئ.

4. إبقاء السفينة على مسارها الصحيح والسريع في المناطق المزدحمة بالبواخر الأخرى و تجنب صخور مداخل الموانئ أثناء عبورها منه واليه وبالتالي تحسين عوامل الأمان وحماية البيئة البحرية بسبب توفير الوقود واستخدامه الجيد.
5. توافق عمليات تصميم وصيانة الموانئ والمرافئ البحرية مع الخرائط المصممة لها.
6. تعيين العمق الدقيق للمرافق و مراقبة معدل الرواسب المتراكمة أزالتها من القاع بشكل فعال (Dredging).

الأخطاء من وجهة نظر أخرى:

مقدمة:

جهاز تحديد المواقع (GPS) شأنه شأن كل أجهزة المساحة إذا لم يكن مستخدم الجهاز على القدر الكافي من المهارة والخبرة في التعامل مع الجهاز يمكن أن يسبب أخطاء كبيرة في حساب إحداثيات النقط ولكي يكتسب المتدرب هذه المهارة لا بد له من الدراسة المتأنية لمصادر الأخطاء التي تقلل من دقة إحداثيات النقط الناتجة ليتجنب منها ما يستطيع تجنبه، ويعالج الجزء المتبقي ليقلل من تأثير هذه الأخطاء على النتائج ليحصل في النهاية على إحداثيات صحيحة خالية من الخطأ. وسنتناول بالشرح في هذا الجزء العوامل التي تؤثر في دقة النتائج وكيف يمكن معالجتها.

العوامل التي تؤثر على دقة إحداثيات النقط الناتجة من الرصد بجهاز تحديد المواقع (GPS):

يوجد عدة عوامل تؤثر على الدقة الناتجة من الرصد بجهاز تحديد المواقع (GPS) يمكن إيجازها في النقاط التالية:

2.1 أخطاء ذاتية في الأقمار ومداراتها.

2.2 أخطاء ناتجة من مرور الموجات اللاسلكية في الغلاف الجوي.

2.3 أخطاء ناتجة من أجهزة الاستقبال وما قد يؤثر عليها.

أخطاء ناتجة من موقع الراصد وعلاقة الأقمار ببعضها مع هذا الموقع، ويمكن معالجة بعض من هذه الأخطاء عن طريق:

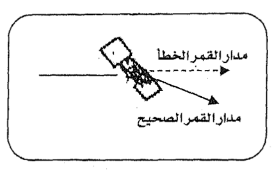
- مقارنة الأخطاء بقياسات وبيانات الأقمار المتاحة.
- عن طريق مقارنة الأرصاد المأخوذة من عدد من أجهزة الاستقبال في نفس الوقت.
- عن طريق الاعتماد على النماذج الرياضية لتحليل قيم الأخطاء لاستبعادها وتفاديها أو التقليل من تأثيرها.

وسنتناول بالشرح كل مصدر من مصادر الخطأ، وكيف يمكن معالجته أو التقليل من تأثيره.

2.1 أخطاء ذاتية في الأقمار ناتجة من عيوب في القمر الصناعي:

- خطأ معلومات المدار والتقويم الفلكي المبث (Satellite Ephemeris):

نتيجة لوجود عيوب في أجهزة توجيه القمر الصناعي مما قد يؤدي إلى خروج القمر عن مداره الصحيح أو اختلاف موقع القمر في مداره عن موقعه الحقيقي، أو بسبب نظام الاستفادة المختارة (Selective Availability) أو (SA).



شكل رقم (5 – 4) يوضح أخطاء المدار

ولمعالجة هذا الخطأ يقوم قطاع التحكم والسيطرة في النظام بتعقب الأقمار ومراقبتها لإعادة الأقمار إلى مداراتها الصحيحة وتحديث المعلومات الملاحية التي ترسلها الأقمار إلى المستخدمين على الأرض وتتم هذه العملية بصفة مستمرة (راجع الوحدة الثانية).

- خطأ الاستفادة المختارة (Selective Availability) أو (SA):

يقوم المشرفون على نظام تحديد المواقع GPS بعمل نظام خاص بإشارات القمر الصناعي يسمى نظام الاستفادة المختارة (SA) يعمل على زيادة الخطأ المتوقع في حساب إحداثيات النقط عن عمد للحد من الدقة التي يمكن لمستخدمي جهاز تحديد المواقع GPS العاديين الحصول عليها، ولإلغاء هذا النظام لا بد من وجود شفرة خاصة (راجع الجزء الخاص بمكونات النظام).

وتتم هذه العملية عن طريق:

- تغير التقويم الفلكي المبث من القمر.
- التلاعب بساعة القمر بطريقة عشوائية.
- بث معلومات ملاحية خطأ.

وبالتالي يرسل القمر إشارات غير صحيحة لمستخدمي النظام مما يؤدي إلى أخطاء في تحديد المواقع في حدود 100 – 150 متر (تم إلغاء نظام الاستفادة المختارة بتاريخ 2000/5/1 ميلادية)[1].

ويمكن معالجة هذا الخطأ بإتباع طريقة الرصد المزدوج ومعالجة النتائج بالطريقة النسبية (Relative Positioning).

- **خطأ ساعة الأقمار الصناعية (Satellite Clock Drift):**

على الرغم من دقة الساعات الموجودة بالقمر الصناعي إلا أن أي اختلاف ولو بسيط سيكون له تأثير كبير جداً على المسافة المقاسة مما يسبب خطأ في تحديد مواقع الراصد (خطأ في 0.000001 ثانية بسبب خطأ في المسافة 300 متر). ويلاحظ أن خطأ الساعة متساوٍ لجميع مستخدمي النظام. ويمكن معالجة هذا الخطأ باتباع طريقة الرصد المزدوج.

2.2 أخطاء ناتجة من تأثير الغلاف الجوي:

تعتبر أخطاء الغلاف الجوي من أهم مصادر الأخطاء في النظام، ولتوضيح هذا الأمر سنعيد مثالنا السابق والخاص بحساب مسافة تقطعها سيارة تسير في اتجاه معين بسرعة 100 كم/ساعة بعد مرور ثلاث ساعات على تحركها، وكانت الإجابة أن المسافة تساوي 300 كم، هذه الإجابة تكون صحيحة تماماً إذا كانت

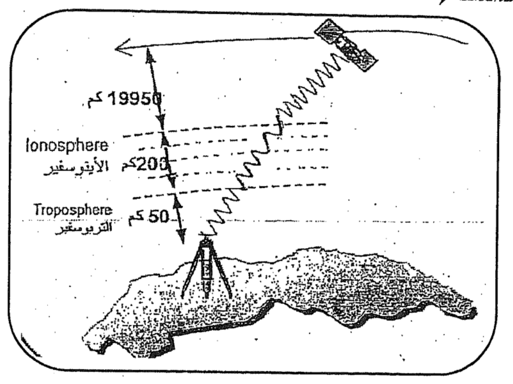
(1) كتاب GPS theory and practice

السيارة تسير بسرعة منتظمة لكن إذا علمت أن السائق أبطأ من سرعته لفترة من الزمن ثم عاد وزاد سرعته لفترة أخرى أو حتى توقف لفترة زمنية هل يمكننا حساب المسافة على أنها 300 كم؟ بالطبع لا، لأن السرعة في هذه الحالة غير منتظمة، وهذا ما يسببه الغلاف الجوي للموجات أثناء مرورها عبر طبقاته المختلفة، فالغلاف الجوي يتسبب في ظاهرة الانحراف لمسارات إشارات الأقمار الصناعية عند مرورها في طبقة الأينوسفير وكذلك في تأخير وصول الإشارة لمرورها بطبقة التروبوسفير، مما يؤدي إلى حدوث أخطاء في قياس الزمن وبالتالي في حساب المسافة ومن ثم في إحداثيات النقط، ويوجد نوعان من الأخطاء سنتناولهما بالشرح وهما:

- خطأ الانكسار في طبقة الأينوسفير (Ionospheric Delay).
- خطأ تأخير طبقة التربوسفير (Tropospheric Delay).

أ. خطأ الانكسار في طبقة الأينوسفير (Ionospheric):

تقوم طبقة الأينوسفير بزيادة سرعة الطور (Carrier phase) للموجات المرسلة من القمر الصناعي بدرجة تزداد قليلاً عن سرعة الضوء في الفراغ (انظر الشكل (5– 5)).

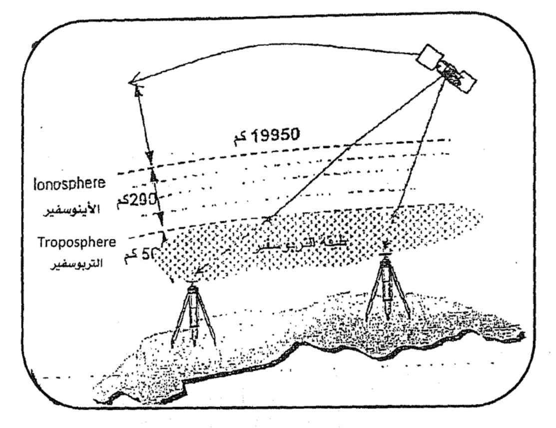


شكل (5 – 5) يوضح الانكسار في الموجات بسبب طبقة الأيونوسفير

وبالتالي عند حساب المسافة تظهر المسافة المقاسة بصورة أصغر قليلاً من المسافة المقاسة على أساس سرعة الضوء، ولمعالجة هذا الخطأ نستخدم الأجهزة التي تعمل على الترددين (L2/L1) عن طريق مقارنة التأخير على كلا الترددين.

ب. خطأ تأثير طبقة التربوبوسفير (Tropospheric Delay):

تقوم طبقة التربوسفير بخفض سرعة الموجات المرسلة من القمر الصناعي أثناء عبورها في هذه الطبقة بدرجة تقل قليلاً عن سرعة الضوء في الفراغ، ونتيجة لاختلاف المسافة التي تقطعها الموجات (لاختلاف زاوية ارتفاع القمر) تتغير قيمة الخطأ، وتكون أقصى قيمة للخطأ عندما يميل القمر بزاوية 10 درجات لأن الموجة المرسلة ستسير لمسافة طويلة داخل تلك الطبقة، وتكون أقل قيمة إذا كانت زاوية القمر 80 درجة أو أكثر (انظر الشكل (5 – 6))، ويعتبر خطأ الغلاف الجوي من أكبر مصادر الأخطاء في الرصد بأجهزة تحديد المواقع (GPS) وللتخلص من هذا الخطأ يتم اتباع طريقة الرصد المزدوج للأجهزة التي تعمل على الترددين (L2/L1) ومعالجة النتائج بالطريقة النسبية (Relative Positioning).



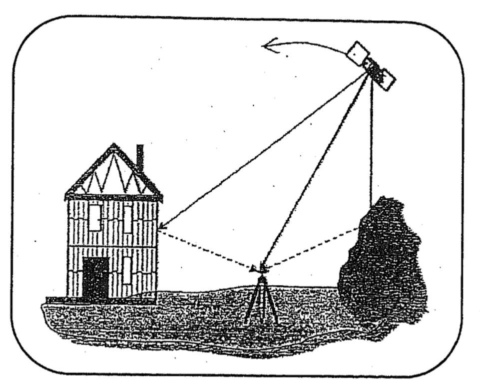
شكل (5 – 6) يوضح تأثير مرور الموجات في طبقة التربوسفير

2.3 أخطاء ناتجة من وحدة المستقبل:

أ. ارتداد الإشارة من المباني للجهاز (Multi path Error):

ويعتبر خطأ تعدد المسار من أكبر مصادر الأخطاء والتي تؤثر بشكل كبير على دقة النتائج، وسببه الأساسي هو اختيار مستخدم الجهاز لموقع سيء لوضع هوائي الجهاز بالقرب من المباني والأهداف العالية، وينتج خطأ تعدد المسار من انعكاس الإشارات الواردة من القمر الصناعي على أماكن وأهداف محيطة بموقع الراصد، فيقوم جهاز الاستقبال باستقبال الإشارات الواردة إليه مباشرة والإشارات الواردة من الانعكاسات والتي ترد بعد وصول الإشارات الأساسية (انظر الشكل رقم (5 – 7)) مما يسبب خطأ في حساب إحداثيات النقط. وتختلف قيمة هذا الخطأ باختلاف طول المسار المرتد وزاوية ارتفاع القمر ولمعالجة هذا الخطأ يراعى اختيار

موقع الرصد بعيداً عن الأهداف العالية والتي يمكن أن تعكس إشارة القمر الصناعي أو استخدام هوائي خاص (انظر الشكل رقم (5 – 8)).



شكل (5 – 7) يوضح تأثير ارتداد الموجات من المباني للجهاز



هوائي خاص يقلل ارتداد الإشارات

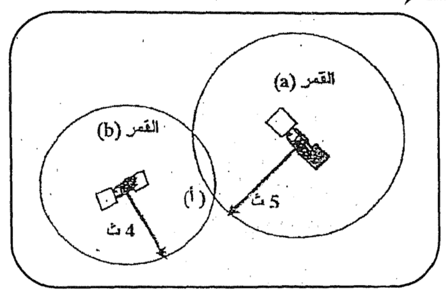
شكل (5 – 8) صورة لنوع من الهوائيات

ب. اختلاف الساعة الموجودة بالمستقبل عن الساعة الذرية الموجودة بالقمر الصناعي: (Receiver Clock Drift).

تكمن المشكلة في كيفية التأكد من تزامن الساعة الموجودة بجهاز الاستقبال مع الساعات الذرية Clocks Atomic الموجودة بالقمر الصناعي للتأكد من أن كل القمر الصناعي وجهاز الاستقبال يقومان بتوليد الشفرات (P–Code/A/ C– Code) في الوقت نفسه تماماً لأن أي اختلاف بين ساعة القمر وساعة أجهزة الاستقبال ولو بسيط يؤدي لخطأ كبير في تحديد الموقع.

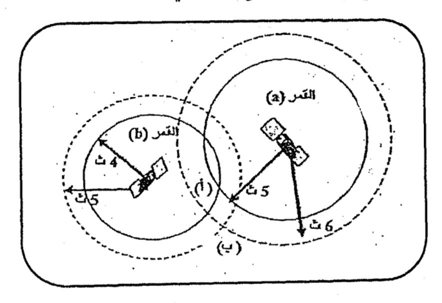
(خطأ 0.001 من الثانية بسبب خطأ 300 كم) ونظراً لصعوبة وضع ساعات ذرية Clocks Atomic في أجهزة الاستقبال كالموجودة بالقمر الصناعي لأن ذلك سيزيد من تكلفتها بدرجة كبيرة جداً، وجد الباحثون حلاً لهذه المشكلة عن طريق قياس مسافة إضافية إلى قمر صناعي آخر لتصحيح الخطأ في التزامن من قبل أجهزة الرصد، ولتوضيح هذا الأمر سنذكر المثال التالي:

إذا كان جهاز الاستقبال بعيداً عن القمر الصناعي (a) مسافة خمس ثواني، وعن القمر الصناعي (b) أربع ثواني، وكانت ساعات الأقمار الصناعية وأجهزة الاستقبال تعمل بدقة، كان من الممكن تحديد موقع جهاز الاستقبال في نقطة ما على سطح الأرض وهي نقطة تقاطع الدائرتين مثل نقطة (أ) كما في الشكل رقم (5 – 9).



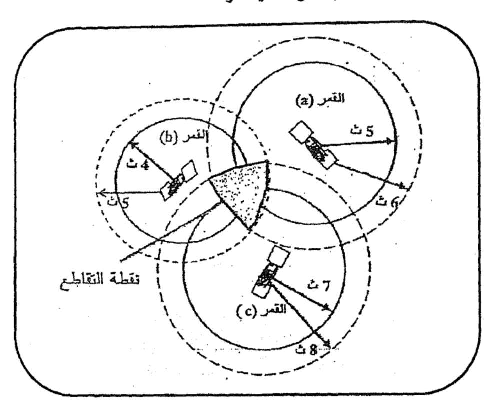
شكل (5 – 9) يوضح إمكانية التقاطع في نقطة (أ)

لكن إذا كان جهاز استقبال به ساعة تزيد عن الوقت الحقيقي بمقدار ثانية واحدة (على سبيل المثال)، سيعتبر المستقبل أنه على بعد مسافة إلى القمر (a) ست ثواني، وإلى القمر (b) خمس ثواني، وسوف ينتج عن هذا أن الدائرتين ستتقاطعان في نقطة أخرى هي (ب) كما في الشكل رقم (5 – 10) وهذه النقطة تبعد عن النقطة الحقيقية بمسافة كبيرة جداً، وهي النقطة التي سوف يوجهنا إليها جهاز الاستقبال غير الدقيق إذا اعتمدنا على تلك القياسات فقط.



شكل (5 – 10) يوضح إمكانية التقاطع في نقطة (أ) أو(ب)

ولكن إذا تم إجراء قياس آخر بالاستعانة بقمر صناعي ثالث (c) يبعد سبع ثواني عن جهاز الاستقبال وتم إضافة فارق الثانية الخطأ (التي يسببها جهاز الاستقبال) حيث تمثل الخطوط المتقطعة في الشكل (5 – 11) الأبعاد الخاطئة Pseudo – Range الناتجة عن الثانية الزائدة.



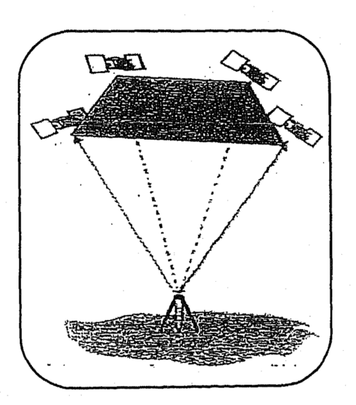
شكل رقم (5 – 11) يوضح استحالة تقاطع الدوائر المتقطعة في نقطة وحيدة

فإن موقع جهاز الاستقبال سوف يتغير إلا أنه لا توجد نقطة واحدة ومحددة تبعد ست ثواني من القمر (a) وخمس ثواني من القمر (b)، وثمان ثواني من القمر (c) (انظر الشكل رقم (5 – 11))، ولذلك يقوم برنامج جهاز الاستقبال بحذف أو إضافة وقت للقراءات الثلاث حتى تتجمع وتتلاقى في نقطة واحدة، بحيث أنه في حالة استقبال قياسات خطأ لا تتقاطع في نقطة واحدة، فإن البرنامج يعمل تلقائياً على حذف قيمة معينة وثابتة من القياسات – ثانية واحدة بالنسبة لهذا المثال – حتى يمكن الدوائر من التقاطع في نقطة واحدة ومحددة وهو الموقع المراد تحديده.

2.4 أخطاء ناتجة من موقع الراصد وعلاقة الأقمار ببعضها من هذا الموقع:

أ. التوزيع الهندسي للأقمار:

بعد استقبال أول إشارة من القمر الصناعي بجهاز تحديد المواقع (GPS) يقوم الجهاز بتحديد أماكن الأقمار التي يمكن رصدها من هذه النقطة (راجع الجزء الخاص مكونات إشارة الأقمار)، ويبدأ الجهاز في تعقب الأقمار واختيار الأفضل منها والذي يعطي أكبر دقة محتملة لإحداثيات النقطة المرصودة ويستخدم في ذلك المعادلات الرياضية لحساب حجم المجسم الناتج من النقطة إلى الأقمار (انظر الشكل رقم (5 – 12)) حيث يتناسب هذا الحجم طردياً مع معامل الدقة (Dilution Of Precision). بمعنى إذا زاد الحجم زادت الدقة والعكس صحيح.



شكل رقم (5 – 12) التوزيع الهندسي للأقمار

ويمكن حساب الدقة المحتملة لتحديد الموقع بجهاز (GPS) من المعادلة:

$\delta_P = DOP \ X \ \delta M$ .... (1) معادلة رقم

حيث: δ_P = دقة تحديد الموقع

DOP = معامل الدقة

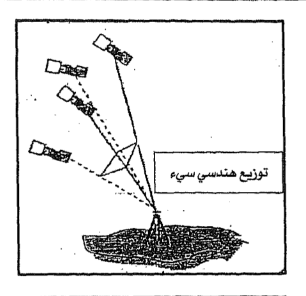
δM = دقة القياس

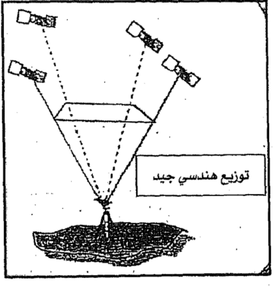
يمكن تعريف معامل الدقة للأقمار DOP (Dilution Of Precision) بأنه مقياس (معيار) يدل على متانة التوزيع الهندسي للأقمار بالنسبة لهذه النقطة وهو خاص بنقطة معينة في وقت معين، وتتغير قيمته مع مرور الوقت نتيجة لحركة الأقمار في مداراتها بالنسبة لهذه النقطة، كما أن قيمته تتغير من نقطة إلى أخرى، ويمكن حساب دقة التوزيع الهندسي للأقمار من العلاقة الآتية:

$DOP)^2$ معادلة رقم (3) ←————

حيث HDOP = معامل الدقة في المستوى الأفقي (Horizontal Dilution Of Precision).

VDOP = معامل الدقة في المستوى الرأسي (Vertical Dilution Of Precision).



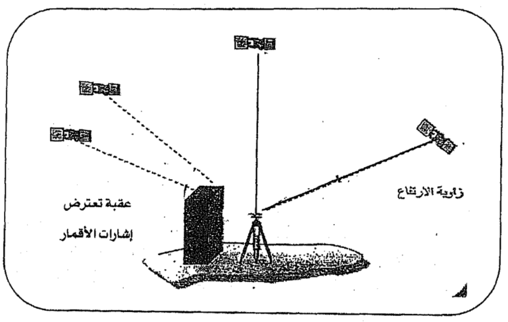


شكل رقم (5 – 13) يوضح نماذج للتوزيع الهندسي السيء والجيد

ويجب على مستخدم الجهاز قبل البدء في الرصد بالجهاز أن يتحقق من أن قيمة GDOP أقل ما يمكن وذلك بتشغيل البرنامج الحسابي ليقوم بحساب معامل دقة التوزيع الهندسي للنقطة المرصودة بعد إدخال إحداثيات النقطة التقريبية (بدقة نصف درجة)، ومن ثم اختيار الفترة الزمنية المناسبة للرصد.

ج. عقبات تعترض إشارات القمر الصناعي:

يجب على مستخدم الجهاز أن يختار موقعاً بعيداً عن العقبات التي تعترض إشارات القمر (انظر الشكل رقم (5 – 14)) او اختيار زاوية قطع مناسبة (راجع شروط اختيار النقاط).



شكل رقم (5 – 14) يوضح نموذج اختيار سيء لموقع النقطة

جدول يبين الخطأ ومصدره وطريقة إزالته:

الخطأ	مصدره	طريقة إزالته
الاستفادة المختارة (Selective Avail	نظام مخصص للحد من الدقة التي يمكن للأشخاص العاديين الحصول عليها ويقوم بتفعيله مشرفو النظام الكوني لتحديد المكان	استخدام جهازين بوضع الأول على النقطة المعلومة الإحداثيات ويوضع الثاني على نقطة مجهولة الإحداثيات ثم نستخدم الطريقة التفاضلية أو الطريقة النسبية لمعالجة الأرصاد.
أخطاء في التقويم الفلكي للأقمار (Satellite Ephemeris)		
أخطاء في ساعة الأقمار (Satellite Clock Drift)		
تأثير الأينوسفير (Ionospheric Delay)	تأثير الغلاف الجوي على إشارات القمر الصناعي	
تأثير التروبوسفير (Tropospheric Delay)		
أخطاء تعدد المسار (Multi path)	وضع الهوائي بالقرب من المباني العالية	• باستخدام هوائي خاص. • الابتعاد عن مصادر انعكاس الإشارة.
أخطاء في ساعة المستقبل (Receiver Clock Drift)	عدم دقة ساعة المستقبل بالمقارنة بساعات القمر	يتم حساب قيمة الخطأ ثم حذفه من النقط التالية وذلك عند المعالجة
الأقمار المعطوبة (Unhealthy Satellite)	انتهاء العمر الافتراضي للقمر أو خروج القمر عن السيطرة	تحذف إشاراته ولا يستخدم

عناصر زيادة الدقة:

تعتمد دقة إحداثيات النقاط المرصودة بنظام G.P.S كغيره من الأجهزة المساحية على العديد من العناصر منها:

1) **مواصفات الجهاز المستخدم من حيث:**

- الإشارات التي يستقبلها الجهاز إذا كان أحادي التردد (L1) أو ثنائي التردد (L1, L2).
- دقة الرصد المتوقعة.

2) **عدد الأجهزة المتوفرة:**

لا بد من توافر وحدتين على الأقل لاتباع الطريقة النسبية للحصول على الدقة المناسبة وتزداد الدقة بزيادة عدد الأجهزة (كما سبق شرحه).

3) **مواصفات النقط المرصودة:**

لا بد من اتباع شروط ومواصفات النقط أثناء تصميم الشبكة والتأكد من أن النقاط بعيدة عن أسلاك الضغط العالي والمباني العالية (راجع مواصفات النقط).

4) **كفاءة المساح المشغل للجهاز:**

لأن أي خطأ من مشغل الجهاز سيؤدي حتماً إلى خطأ في الإحداثيات الناتجة، فلا بد أن يراعي المساح النقاط التالية:

أ. قبل عملية الرصد:

- التخطيط والإعداد الجيد لعملية الرصد وذلك بالحصول على قيمة الإحداثيات التقريبية للنقط المرصودة وتغذية البرنامج الحسابي بها لاستنتاج أفضل وقت للرصد.
- اختيار وقت مناسب لعملية الرصد حيث يكون التوزيع الهندسي للأقمار مناسباً.
- تجهيز بطاريات الجهاز والتأكد من تمام شحنها والتأكد من كروت التخزين وسعتها التخزينية.
- تحديد طريقة الرصد المستخدمة والتي تناسب الدقة المطلوبة من العمل وتوافق عدد الأجهزة المتاحة (ثابت/ ثابت سريع/ متحرك).
- تحديد أسلوب الرصد المناسب للدقة المطلوبة من العمل (فردي/ مزدوج/ شبكة).

ب. أثناء عملية الرصد:

- العناية بضبط أفقية الهوائي، ضبط التسامت، قياس ارتفاع الهوائي.
- العناية بتوصيل المستقبل بالبطاريات.
- العناية بإدخال البيانات للجهاز (اسم الملف – رقم النقطة –...).
- فتح وغلق الجهاز في الوقت المحدد تماماً (من قبل المشرف على عملية الرصد).
- تعبئة النماذج الخاصة بعملية الرصد (انظر الجزء العملي).

5) كفاءة مشغل البرنامج الحسابي للجهاز:

بعد انتهاء عملية الرصد تأتي عملية معالجة الأرصاد لإظهار إحداثيات النقط المرصودة وتعتمد دقة النتائج على خبرة المساح ومهارته في دراسة وتحليل

الأرصاد للتخلص من الأرصاد الخاطئة بطريقة علمية لتتم عملية المعالجة خالية من الأخطاء ولكي نصل إلى هذا الهدف لا بد من مراعاة الآتي:

- عمل نسخ احتياطية من البيانات المرصودة.
- مطابقة أسماء الملفات وارتفاع الهوائيات مع ما تم تسجيله في نماذج الرصد.
- معالجة الأرصاد تبعاً للدقة المحددة وطريقة الرصد المستخدمة.

وبالتالي يرسل القمر إشارات غير صحيحة لمستخدمي النظام مما يؤدي إلى أخطاء في تحديد الموقع في حدود.

الوحدة السادسة

الرصد باستخدام جهاز الاستقبال

الوحدة السادسة

الرصد باستخدام جهاز الاستقبال

1) مقدمة:

تعرفت أخي المتدرب في الوحدة الثانية على مكونات النظام الكوني لتحديد المواقع، وفي الوحدة الثالثة على طرق وأساليب الرصد بأجهزة تحديد المواقع، وفي الوحدة الرابعة على مصادر الأخطاء في أجهزة تحديد المواقع (GPS)، والعوامل التي تؤدي للحصول على الدقة العالية، وهذه الوحدة سنفردها لشرح الأعمال التحضيرية لعملية الرصد بأجهزة تحديد المواقع (GPS) ثم نشرح الأعمال الحقلية بالإضافة إلى شرح طريقة الرصد بأحد أجهزة تحديد المواقع كمثال تطبيقي لإعدادك أخي المتدرب لتنفيذ التطبيق العملي. وقبل الحديث عن الجزء العملي لا بد لنا من دراسة كيفية اختيار النقاط التي سيتم رصدها بجهاز تحديد المواقع (GPS) أو بعبارة أخرى دراسة مواصفات اختيار النقط المرصودة بجهاز تحديد المواقع (GPS) ولتحقيق ذلك يجب أن نسترجع سوياً ما سبق دراسته في الجزء الخاص بشبكات المثلثات بمادة الجيودسيا بالصف الثاني إذ أن مواصفات اختيار النقط المرصودة بجهاز تحديد المواقع (GPS) لا تختلف كثيراً عن مواصفات نقاط شبكات المثلثات، فللحصول على الدقة المطلوبة عند الرصد بجهاز تحديد المواقع (GPS) لابد من الالتزام بمجموعة من المواصفات في اختيار النقاط وهي:

مواصفات النقط المرصودة بجهاز GPS:

1. اختيار مكان آمن للنقطة يسهل الوصل إليه ويصعب العبث به.
2. يجب مراعاة عدم وضع النقاط بالقرب من مناطق الأشجار الكثيفة أو المباني العالية التي تمنع إشارات القمر من الوصول إلى موقع النقطة.

3. يجب مراعاة بعد النقط المرصودة عن تأثير خطوط الضغط العالي للكهرباء ودائرة البث المباشر للموجات اللاسلكية إذ أن الموجات المرسلة من الأقمار تتأثر بهذه المصادر.
4. تجب مراعاة عدم وجود النقاط بالقرب من الجبال أو المباني العالية ذات السطوح العاكسة والتي قد تعكس إشارات القمر على سطحها (راجع مصادر الأخطاء في الوحدة الرابعة).
5. لا يشترط وجود النقاط في أماكن عالية أو أبراج إذ أن إشارات القفز تصل لأي مكان.
6. في حال رصد شبكة من النقاط ليس من الضروري تبادل الرؤية بين نقاط الشبكة بعضها البعض إذ أن كل نقطة في هذا النظام تستقبل إشارات القمر بصورة مستقلة.
7. يمكن الرصد بجهاز تحديد المواقع (GPS) في جميع ظروف الأحوال الجوية السيئة باستثناء وجود ظاهرة البرق نظراً لتأثر الموجات بها وخوفاً على مكونات الجهاز الداخلية.
8. في حال رصد شبكة من النقاط يجب أن تغطي النقاط المنطقة المراد رفعها بالكامل.
9. في حال رصد شبكة من النقاط تجب مراعاة متانة التوزيع الهندسي لها ورصد عدد كافٍ من النقاط معلومة الإحداثيات بالشبكة.

2) أوجه الاختلاف والاتفاق بين مواصفات النقط المرصودة بجهاز تحديد المواقع (GPS) ومواصفات نقاط شبكات المثلثات.

وجه المقارنة	نقاط شبكات المثلثات	النقاط المرصودة بجهاز تحديد المواقع
موقع النقطة	1) أن توضع في أماكن ثابتة غير معرضة للعبث بها مع سهولة الوصول إليها. يجب اختيار النقاط في أماكن مرتفعة لتلافي بناء أبراج الرصد، وتجنب النقط القريبة من سطح الأرض لتفادي انكسار الضوء.	1) أن توضع في أماكن ثابتة غير معرضة للعبث بها مع سهولة الوصول إليها. 2) لا يشترط وجود النقاط في أماكن مرتفعة لأن كل نقطة تستقبل أرصادها من القمر الصناعي بصورة مستقلة.
علاقة النقاط ببعضها	1) يجب ألا تقل الزوايا بين أضلاع الشبكة عن (30^{o}) ولا تزيد عن (120^{o}). 2) يجب توزيع نقاط الشبكة بما يحقق مطالب متانة الأشكال.	• يجب ألا تقترب النقاط من المباني أو الأشجار لتلافي أخطاء تعدد المسار. • في حالة رصد شبكة من النقاط لا بد من أن يراعى الآتي: 1. استخدام طريقة الرصد المزدوج. 2. التوزيع الجيد للوصول إلى دقة عالية.

وجه المقارنة	نقاط شبكات المثلثات	النقاط المرصودة بجهاز تحديد المواقع
		3. رصد الخط بأكثر من اتجاه.
تبادل الرؤية	• يجب أن ترى كل نقطة جميع النقاط التي حولها بوضوح O. • لابد من إزالة كل ما يعوق تبادل الرؤية بين النقاط كالأشجار وما شابهها من عقبات تعترض التوجيه.	لا يشترط تبادل الرؤية بين النقاط بعضها البعض ولكن يشترط تبادل الرؤية بين النقطة والقمر الصناعي لأن كل نقطة تستقبل أرصادها من القمر الصناعي بصورة مستقلة.
تأثر أعمال الرصد بالعوامل الطبيعية	تتأثر أعمال الرصد بمختلف العوامل الجوية كالرياح ودرجات الحرارة والأمطار	تتأثر أعمال الرصد بالصواعق والبرق. تتأثر أعمال الرصد بالقرب من خطوط الضغط العالي للكهرباء وأي دوائر بث إشارات لاسلكية.

3) العوامل الأساسية المؤثرة في تصميم الشبكات المساحية المرصودة بأجهزة تحديد المواقع:

لتصميم شبكة من النقاط يتم رصدها باستخدام أجهزة تحديد المواقع (GPS) لا بد لنا أولاً من دراسة العوامل المؤثرة في هذا التصميم والتي تؤثر وبدرجات متفاوتة على تصميم الشبكة، وبالتالي اختيار مواقع نقاط الشبكة ويمكن حصرها في عدة عوامل منها:

1) العوامل الخاصة بالنقط المرصودة مثلك عدد النقاط، توزيع النقاط، تشكيل خطوط القواعد.
2) العوامل الخاصة بالأقمار الصناعية مثل: عدد الأقمار، التوزيع الهندسي للأقمار، زاوية ارتفاع القمر الصناعي.
3) العوامل الخاصة بالأقمار الصناعية مثل: نوافذ الرصد ومدتها، الفاصل الزمني المستخدم، تأثير الأينوسفير بالنسبة لهذا الوقت.
4) العوامل الخاصة بعدد الأجهزة المتوفرة مثل: عدد الأجهزة المستخدمة ونوعيتها سواءً كانت أحادية التردد أو ثنائية التردد.
5) العوامل الخاصة بنظام الجهاز المستخدم مثل: طريقة القياس (فرق الطور أو المدى الكاذب أو كليهما).
6) العوامل الخاصة بخصائص البرنامج الحسابي مثل: يعالج خطوط القواعد بصورة مستقلة أو يعالج شبكة من النقاط، له القدرة على استقبال التقويم الدقيق أم لا.
7) العناصر الخاصة بالعنصر البشري مثل: عدد المساحين، طريقة نقل المساحين ومعداتهم بين النقاط.

النقاط التي تجب مراعاتها عند إنشاء شبكة من النقاط:

للحصول على أعلى دقة ممكنة للشبكات المرصودة بأجهزة تحديد الموقع والتي نقوم بتنفيذها لا بد لنا من الدراسة المتأنية للعوامل المؤثرة في التصميم لنتمكن من استخلاص النقاط التي تجب مراعاتها عند إنشاء الشبكة الخاصة بمشروعنا، فعند إنشاء شبكة من النقاط تجب مراعاة مجموعة من النقاط للحصول على الدقة العالية، وهذه النقاط هي:

1. لا بد من وجود جهازين على الأقل ويفضل وجود أربعة أجهزة أو أكثر لزيادة الدقة.
2. عمل عدد وافر من الأرصاد عن طريق تكرار الرصد من أكثر من اتجاه.
3. زيادة عدد نقاط الثوابت المعلومة الإحداثيات في المشروع (الشبكة) قدر الإمكان.
4. تجب تصميم الشبكة أولاً ثم تعديلها، إذا احتاجت عملية الرصد ذلك مع مراعاة أن يتم التعديل في أضيق الحدود حتى لا تفقد الشبكة متانتها.
5. يجب محاولة تطويع الطبيعة وعمليات الرصد لتصميم الشبكة وليس العكس.

4) **النقاط التي تجب مراعاتها عند التحويل بين أنظمة الإسقاط المختلفة:**

كما سبق شرحه جهاز تحديد المواقع يقوم بتحديد إحداثيات النقط نسبة إلى النظام الجيوديسي العالمي (WGS84) وللتحويل من هذا النظام إلى نظام الإسقاط المستخدم بالمملكة (Aim Alabd) لا بد لنا من إيجاد مجموعة من المتغيرات أو العوامل (Parameters) تستخدم للتحويل بين النظام العالمي ونظام المملكة أو أي نظام إسقاط آخر، ولتنفيذ ذلك يجب توافر مجموعة من العناصر هي:

1. لا بد من وجود مجموعة من النقاط معلومة الإحداثيات ي النظامين 4 نقاط في المستوى الرأسي و3 في المستوى الأفقي للحصول على دقة عالية.
2. يمكن أن تكون النقطة معلومة الإحداثيات الأفقية والرأسية في نفس الوقت.
3. يتم تقسيم المشروع (المنطقة) إلى أربعة أجزاء بحيث يحتوي كل جزء منها على نقطة من نقاط الربط الرأسي وثلاثة أجزاء منها على نقطة من نقاط الربط الأفقي على الأقل للحصول على دقة عالية.
4. يجب أن تكون الشبكة عبارة عن حلقات مغلقة.
5. يجب توزيع نقاط الرطب حول المشروع قدر الإمكان.
6. يفضل وضع عدد من الروبيرات في داخل المشروع والربط عليها لزيادة الدقة في المستوى الرأسي.
7. يجب أن نستخدم البارميتر للمنطقة المحددة بنقاط الثوابت المشتركة دون غيرها.
8. يجب أن يتم الرصد على كل نقطة من نقاط الشبكة مرتين على الأقل.
9. في حالة وجود عدد (ن) من أجهزة الاستقبال فإن عدد خطوط القواعد في كل مهمة يكون (ن – 1) ولتوضيح ذلك سنذكر بعض الأمثلة العددية:

أمثلة عددية:

- احسب الوقت اللازم لرصد شبكة مكونة من ست نقاط في حالة وجود ثلاثة أجهزة استقبال وزمن الرصد على كل نقطة 20 دقيقة.

الحل:

عدد الأرصاد الضروري = $2 \times 6 = 12$ رصدة

عدد المهمات = $12 \div (3 - 1) = 6$ مهمة

الوقت اللازم للرصد = $20 \times 6 = 120$ دقيقة من العمل (بالإضافة إلى فترة نقل المعدات من نقطة إلى أخرى).

- في المثال السابق احسب الوقت اللازم لرصد نفس الشبكة في حالة وجود أربع أجهزة استقبال.

الحل:

عدد الأرصاد الضروري = $2 \times 6 = 12$ رصدة

عدد المهمات = $12 \div (4 - 1) = 4$ مهمة

الوقت اللازم للرصد = $20 \times 4 = 80$ دقيقة من العمل (بالإضافة إلى فترة نقل المعدات من نقطة إلى أخرى).

- احسب الوقت اللازم لرصد شبكة مكونة من 15 نقطة في حالة وجود خمسة أجهزة استقبال وزمن الرصد على كل نقطة 20 دقيقة.

الحل:

عدد الأرصاد الضروري = 2 × 15 = 30 رصدة

عدد المهمات = 30 ÷ (5 – 1) = 7.5 = 8 مهمة

الوقت اللازم للرصد = 20 × 8 = 160 دقيقة من العمل (بالإضافة إلى فترة نقل المعدات من نقطة إلى أخرى).

إعداد جهاز تحديد المواقع لعملية الرصد:

على الرغم من اختلاف نوعية الأجهزة واختلاف الشركات المنتجة لها، إلا أن هناك مجموعة من المتغيرات الأساسية والتي يجب إدخالها لأجهزة الرصد حتى تتمكن من أداء عملها وهذه العوامل هي:

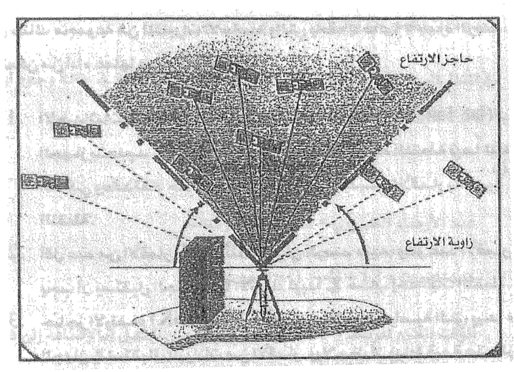
1. الإحداثيات الجغرافية التقريبية لموقع النقطة (lat, Ion, Hgt) ليقوم الجهاز بتحديد الأقمار التي يمكن رؤيتها من هذه النقطة تبعاً للتقويم الفلكي وكذلك حساب معامل التوزيع الهندسي للأقمار بالنسبة لهذه النقطة.
2. أقل عدد من الأقمار (MIN SV) يمكن الرصد عليه: وهو عدد الأقمار التي يجب أن يستقبل الجهاز منها الأرصاد ليبدأ في حساب إحداثيات النقطة.
3. حاجز الارتفاع (ELV. MASK): وهي الزاوية الرأسية التي يبدأ منها الجهاز في استقبال البيانات من الأقمار. ويلاحظ أن زيادة قيمة هذه الزاوية يقلل من عدد الأقمار التي يمكن رصدها من هذه النقطة (انظر الشكل 6– 1).
4. فاصلة الاستقبال (INTVL): هي الفترة بين كل رصدة يقوم بتسجيلها المستقبل والتالية لها، وكلما زادت فاصلة التسجيل قد عدد الأرصاد والعكس

صحيح، وتجب الموازنة بين فاصلة الاستقبال والوقت اللازم لعملية الرصد (انظر الشكل رقم (6 – 2)).

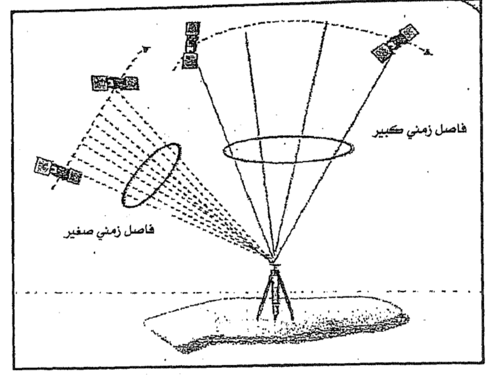
معلومة:

يمكن الاسترشاد بالقيم التالية عند إعداد جهازك للعمل:

- الإحداثيات التقريبية لموقع النقطة بدقة نصف درجة.
- أقل عدد من الأقمار = أربعة أقمار.
- حاجز الارتفاع = 15 درجة.
- فاصلة الاستقبال = 20 ثانية في حالة الرصد الثابت.



شكل رقم (6 – 1)



شكل رقم (6 – 2) يوضح الفاصل الزمني

5) طرق رصد شبكة من النقاط:

يوجد طريقتان لرصد مجموعة من النقاط تكون شبكة، وتعتمد الطريقة المستخدمة بشكل أساسي على عدد الأجهزة المتاحة وهذه الطرق هي:

أ. طريقة الإشعاعية.

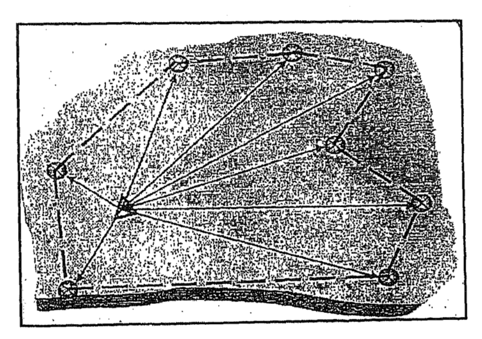
ب. طريقة الشبكة.

وسنتناول بالشرح الطريقتين.

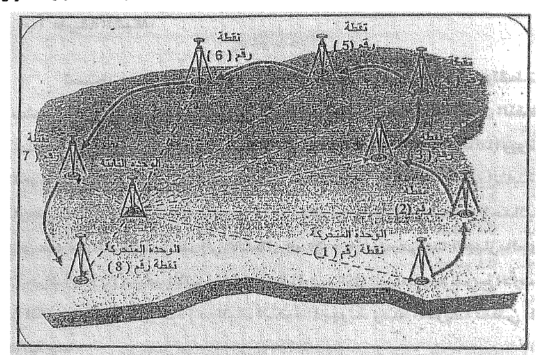
أ) الطريقة الإشعاعية:

تستخدم في حالة وجود جهازين فقط ونقطة معلومة الإحداثيات أو أكثر من نقطة، ويتم بوضع أحد الجهازين على النقطة المعلومة الإحداثيات وتسمى النقطة الثابتة أو المرجع (reference) والتحرك بالجهاز الثاني على كل النقاط بطريقة معينة لرصد خطوط القواعد من النقطة الثابتة إلى النقطة المتحركة (انظر إلى الشكل رقم (6 – 3)) ويطلق على الجهاز الثاني في هذه الحالة الجهاز المتحرك (rover)، وبعد الانتهاء من عملية الرصد لكل النقاط يتم نقل الوحدة المرجعية (reference) إلى نقطة أخرى ويكرر العمل مرة أخرى ولكن يتم التحرك بطريقة مختلفة (انظر إلى الشكل رقم (6 – 4)).

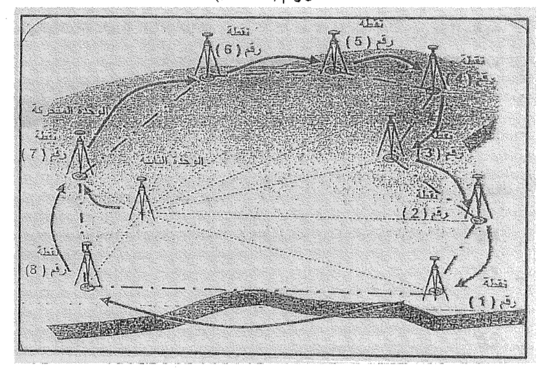
وبعد الانتهاء من عملية الرصد لكل النقاط وفق حركة الأجهزة، يتم تفريغ الأرصاد في المكتب وعمل نسخة احتياطية من الأرصاد ثم معالجة الأرصاد وإيجاد إحداثيات نقاط الشبكة، وهذه الطريقة تعطي دقة عالية ولكنها تعتمد إلى حد كبير على طول خطوط القواعد وزمن الرصد لكل نقطة.



شكل رقم (6– 3)



شكل رقم (6 – 4 – أ)



شكل رقم (6 – 4 – ب) يوضح حركة الأجهزة في الطريقة الإشعاعية

ب) طريقة الشبكة:

تستخدم هذه الطريقة في حالة وجود ثلاثة أجهزة أو أكثر ونقطتين معلومتي الإحداثيات على الأقل، وتتم بوضع أحد الثلاثة أجهزة على النقطة المعلومة الإحداثيات وتسمى النقطة الثابتة أو المرجع رقم (1)(reference) ويوضع الجهاز الثاني على النقطة الأخرى المعلومة الإحداثيات وتسمى النقطة الثابتة أو المرجع رقم (2) ويتم التحرك بالجهاز الثالث على كل النقاط المجهولة الإحداثيات وفق عدد من الخطوات (انظر إلى الأشكال رقم (6 — 4)) ويسمى هذا الجهاز بالجهاز المتحرك (rover)، وبعد الانتهاء من عملية الرصد لكل النقاط يتم تفريغ الأرصاد في المكتب لمعالجتها وإيجاد إحداثيات النقط المجهولة، وهذه الطريقة تعطي دقة عالية جداً.

أسئلة شامل

امتحان الشهادة الجامعية المتوسطة

78. زمن دورة القمر الصناعي NAVSTAR حول الأرض هي:

أ. 12 ساعة.
ب. 16 ساعة.
ج. 18 ساعة.
د. 24 ساعة.

79. النظام الكوني لتحديد المواقع GPS يعتمد على المسافة بين:

أ. موقع القمر ومداره المعلوم الإحداثيات وبين النقطة المراد إيجاد إحداثياتها.
ب. موقع النقاط المراد إيجاد إحداثياتها.
ج. الأقمار ومداراتها.
د. موقع القمر ومركز السيطرة.

80. زاوية الميل في كل مدار من مدارات الأقمار الصناعي تكون:

أ. 45°
ب. 35°
ج. 55°
د. 65°

66. عمل محطات التحكم الخاصة بالأقمار الصناعية:

أ. الأقمار الصناعية تصحح نفسها بنفسها.
ب. عمل التصحيحات اللازمة وتصحيح ساعات القمر ثم إرسالها للقمر.
ج. المحطات الأرضية لا تصحح ساعات القمر.
د. تعمل على تنزيل القمر الصناعي.
ه. تعمل على تنزيل القمر الصناعي.

67. يتكون النظام الروسي GLONASS يتكون من:

أ. 12 قمراً وثلاث مدارات.
ب. 12 قمراً وأربعة مدارات.
ج. 21 قمراً وثلاث مدارات.
د. 28 قمراً وثلاث مدارات.

68. من طرق رصد GPS بعدة أجهزة منها الرصد التفاضلي:

أ. مكون من Rover & Rover.
ب. مكون من Base & Base.
ج. ج. هو رصد الجهاز اليدوي GPS Hand Held.
د. د. مكون من Base & Rover.

69. يقصد بالمعالجة اللاحقة Post Processing في عملية الرصد GPS:

أ. تصحيح الإحداثيات النقاط المرصودة بالمكتب.
ب. تصحيح الإحداثيات النقاط المرصودة بالميدان مباشرة.
ج. ليس لها تأثير على الإحداثيات.
د. هو معلومات منتجة من القمر الصناعي الروسي فقط.

70. تعرف نقطة الأساس في الرصد التفاضلي بأنها:

أ. أقل مسافة بين النقاط المتحركة ونقطة الأساس.
ب. وضع الجهاز على نقطة معلومة الإحداثيات.
ج. وضع الجهاز على نقطة معلومة الارتفاع فقط.
د. وضع الجهاز على نقطة مجهولة الإحداثيات.

71. خط الأساس في الرصد GPS التفاضلي هو:

أ. أقل مسافة بين النقاط المتحركة ونقطة الأساس.
ب. متوسط المسافة بين النقاط المتحركة ونقطة الأساس.
ج. أكبر مسافة بين النقاط المتحركة ونقطة الأساس.
د. محور دوران القمر على الأرض.

72. الرصد اللحظي Real Time يقصد بالرصد اللحظي:

أ. تصحيح ساعة القمر الصناعي.
ب. التصحيح يكون في أوقات محددة.
ج. التصحيح يكون لحظياً.
د. التصحيح يكون بعد ساعة من الرصد.

73. طريقة الرصد RTK يقوم الجهاز:

أ. المتحرك بحساب طور الموجة Carrier Phase ويبثها إلى الجهاز الثابت.
ب. المتحرك بحساب طور الموجة Carrier Phase ويبثها إلى الجهاز المتحرك.
ج. الثابت بحساب طور الموجة Carrier Phase ويبثها إلى الجهاز الثابت.
د. الثابت بحساب طور الموجة Carrier Phase ويبثها إلى الجهاز المتحرك.

74. الرصد السريع التفاضلي DGPS:

أ. يقوم الجهاز الثابت برصد الشيفرة Code ويبثها إلى الجهاز المتحرك.
ب. يقوم الجهاز المتحرك برصد الشيفرة Code ويبثها إلى الجهاز المتحرك.
ج. تتعامل هذا النظام مع أجهزة GPS اليدوية.
د. يقوم الجهاز المتحرك برصد الشيفرة Code ويبثها إلى الجهاز الثابت.

75. الملف ذو امتداد gpx هو عبارة عن ملف خاص بـ:

أ. برنامج MapInfo.
ب. برنامج GPS.
ج. برنامج Auto Cad.
د. الأجهزة الـ Total Station.

76. نظام WGS84هو نظام:

أ. إسقاط مستوي.
ب. مرجعي محلي.
ج. مرجعي عالمي مركزه مركز الجاذبية الأرضية.
د. مرجعي عالمي يبعد مركزه مركز الجاذبية الأرضية بـ 100م.

77. ارتفاع نقطة 100 م عن MSL (Mean See Level) يعني أن ارتفاع:

أ. متساوي على جميع الأسطح.
ب. النقطة 100 م فوق الييسوئيد.
ج. النقطة 100 م فوق الجيدوئد.
د. النقطة 100 م فوق متوسط سطح البحر.

78. تقع الأردن في نطاق الإسقاط UTM يعني أنها تقع في نطاق الإسقاط:

أ. UTM36, UTM37.

ب. UTM38, UTM37.

ج. UTM37 فقط.

د. UTM36 فقط

79. عند تحديد أسلوب الرصد هناك طريقتان للرصد التفاضلي هما طور الموجة والرصد بالشيفرة:

أ. الرصد طور الموجة أقل دقة من الرصد بالشيفرة.

ب. الرصد طور الموجة له نفس الدقة من الرصد بالشيفرة.

ج. الرصد طور الموجة أدق من الرصد بالشيفرة.

د. الرصد بطور الموجة والرصد بالشيفرة ليس له علاقة بالدقة.

80. يمكن تمثيل سطح الكرة الأرضية بالأبسوئيد (Ellipsoid) له محورين a,b:

أ. المحور a هو أكبر محول في مستوى خط الاستواء.

ب. المحور b هو أكبر محور في مستوى خط الاستواء.

ج. المحور a يساوي المحور b.

د. المحور a هو أكبر محور في مستوى عامودي على دائرة خط الاستواء.

انظمة التوقيع العالمي

61. أول محاولة لاستخدام الأقمار الصناعية لتحديد الموقع كانت من قبل:

أ. لوران (LORAN)
ب. دكا (DECCA)
ج. سات – ناف (SAT NAF)
د. غير ذلك

62. سبب فشل أقمار ترانزيت:

أ. عدد الأقمار قليل.
ب. استخدام مدارات منخفضة.
ج. لا يمكن الحصول على نتائج محددة بصفة دائمة.
د. جميع ما ذكر صحيح.

63. بدأ نظام تحديد الموقع من قبل الولايات المتحدة الأمريكية (DOD) عام:

أ. 1963.
ب. 1974.
ج. 1991.
د. 2000.

64. الاستفادة المختارة هي:

أ. الحصول على دقة عالية لجميع المستخدمين مقابل دفع مبلغ من المال.
ب. دقة عالية للأعمال العسكرية وقليلة للاستخدامات المدنية.
ج. حرية الاختيار في الحصول على دقة عالية حسب نوع الجهاز.
د. جميع ما ذكر صحيح.

65. يبلغ عدد الأقمار في الترانزيت:

أ. 6 أقمار.
ب. 12 قمر.
ج. 24 قمر.
د. غير ذلك.

66. تبلغ المسافة بين القمر والمستقبل في جميع الأحوال:

أ. ثابتة لجميع النقاط.
ب. يعتمد على الزمن المستغرق لوصول الإشارة.
ج. يعتمد على سرعة الإشارة وهي متغيرة في جميع الأحوال.
د. يعتمد على الزمن وسرعة الضوء (ثابت).

67. من طرق قياس المسافة بين القمر الصناعي والمستقبل:

أ. قياس مدة الشفرة
ب. قياس الموجة الحاملة للطور
ج. المسافة = السرعة × الزمن
د. (أ + ب) صحيحان

68. الغموض (Ambiguity) هو ناتج عن:

أ. قياس المسافة بين القمر والمستشعر بطريقة الموجة الحاملة للطور.
ب. قياس المسافة بين القمر والمستشعر بطريقة قياس مدى الشفرة.
ج. تحريك الجهاز.
د. استخدام أجهزة غير دقيقة.

69. من الشروط الواجب توافرها في أنظمة الإحداثيات أن يكون:

أ. نقطة الأصل معلومة الموقع (0.0).
ب. لكل نظام محاور محددة.
ج. هناك نظام هندسي يحدد العلاقة بين موقع النقطة على الأرض ومحاور إحداثيات هذه الأنظمة.
د. جميع ما ذكر صحيح.

70. واحدة مما يلي عبارة صحيحة:

أ. تتميز أقمار نظام الترانزيت بارتفاع مدارها.
ب. المسافة الكاذبة هي المسافة بين القمر والمستقبل.
ج. نظام (GPS) هو نظام يستخدم للأغراض العسكرية فقط.
د. تدور أقمار (GPS) دورة كاملة حول الأرض كل 24 ساعة.

71. يبلغ عدد ساعات الأقمار الصناعية:

أ. ساعة واحدة ذرية فائقة الدقة.
ب. ساعتين ذريتين فائقة الدقة.
ج. ثلاث ساعات فائقة الدقة
د. أربع ساعات فائقة الدقة

72. عدد الأقمار الموجودة في المدار الواحد:

أ. 4 مدارات موجودة في كل واحد منها (6) أقمار.
ب. 3 مدارات موجودة في كل واحد منها (4) أقمار.
ج. 6 مدارات موجودة في كل واحد منها (4)أقمار.
د. مدار واحد فيه 24 قمر.

73. الرسالة الملاحية التي يبثها القمر الصناعي تحتوي على:

أ. التصحيح لخطأ الساعة الذرية.
ب. صحة القمر الصناعي.
ج. مجسم الغلاف الجوي.
د. جميع ما ذكر صحيح.

74. من المبادئ المستخدمة في (GPS):

أ. التقاطع العكسي.
ب. مبدأ قياس المسافة بين القمر وجهاز الاستقبال.
ج. مبدأ التصحيح النسبي.
د. جميع ما ذكر صحيح.

75. في التقاطع العكسي يمكن حساب إحداثيات نقطة مجهولة بالوقوف عليها والرصد عليها:

أ. نقطتين معلومات الإحداثيات.
ب. التوجيه على نقطة واحدة معلومة الإحداثيات.
ج. ثلاث نقاط أو أكثر معلومة الإحداثيات.
د. جميع ما ذكر صحيح.

76. أجهزة قياس شفرة المعايرة (C/A) للمدى الكاذب تتصف بـ:

أ. لا تحتاج إلى أي تجهيزات قبل عملية الرصد.
ب. يستقبل (12) قناة من قنوات الاستقبال.
ج. دقة إحداثيات النقطة الموجودة عالية:
د. أجهزة كبيرة الحجم.

77. تتصف أجهزة قياس شفرة (C/A) لطور الموجة الحاملة بـ:

أ. مرتفعة الثمن.
ب. أجهزة صغيرة الحجم.
ج. لا تحتاج إلى تجهيزات قبل عملية الرصد.
د. دقة منخفضة.

62. سبب فضل أقمار ترانزيت:

أ. عدد الأقمار قليل.
ب. استخدام مدارات منخفضة.
ج. لا يمكن الحصول على نتائج محددة بصفة دائمة.
د. جميع ما ذكر صحيح.

63. بدأ نظام تحديد الموقع من قبل الولايات المتحدة الأمريكية (DOD) عام:

أ. 1963.
ب. 1974.
ج. 1991.
د. 2000.

64. الاستفادة المختارة هي:

أ. الحصول على دقة عالية لجميع المستخدمين مقابل دفع مبلغ من المال.
ب. دقة عالية للأعمال العسكرية وقليلة للاستخدامات المدنية.
ج. حرية الاختيار في الحصول على دقة عالية حسب نوع الجهاز.
د. جميع ما ذكر صحيح.

65. يبلغ عدد الأقمار في الترانزيت:

أ. 6 أقمار
ب. 12 قمر
ج. 24 قمر
د. غير ذلك

66. تبلغ المسافة بين القمر والمستقبل في جميع الأحوال:

أ. ثانية لجميع النقاط.
ب. يعتمد على الزمن المستغرق لوصول الإشارة.
ج. يعتمد على سرعة الإشارة وهي متغيرة في جميع الأحوال.
د. يعتمد على الزمن وسرعة الضوء (ثابت).

67. من طرق قياس المسافة بين القمر الصناعي والمستقبل:

أ. قياس مدى الشفرة.
ب. قياس الموجة الحاملة للطور
ج. المسافة = السرعة × الزمن
د. (أ + ب) صحيحان

68. الغموض (Ambiguity) هو ناتج عن:

أ. قياس المسافة بين القمر والمستشعر بطريقة الموجة الحاملة للطور.
ب. قياس المسافة بين القمر والمستشعر بطريقة قياس مدى الشفرة.
ج. تحريك الجهاز.
د. استخدام أجهزة غير دقيقة.

69. من الشروط الواجب توفرها في أنظمة الإحداثيات أن يكون:

أ. نقطة الأصل معلومة الموقع (0.0).
ب. لكل نظام محاور محددة.
ج. هناك نظام هندسي يحدد العلاقة بين موقع النقطة على الأرض ومحاول إحداثيات هذه الأنظمة.
د. جميع ما ذكر صحيح.

70. واحدة مما يلي عبارة صحيحة:

أ. تتميز أقمار نظام الترانزيت بارتفاع مدارها.
ب. المسافة الكاذبة هي المسافة بين القمر والمستقبل.
ج. نظام (GPS) هو نظام يستخدم للأغراض العسكرية فقط.
د. تدور أقمار (GPS) دورة كاملة حول الأرض كل 24 ساعة.

71. يبلغ عدد ساعات الأقمار الصناعية:

أ. ساعة واحدة ذرية فائقة الدقة.
ب. ساعتين ذريتين فائقة الدقة.
ج. ثلاث ساعات فائقة الدقة.
د. أربع ساعات فائقة الدقة.

72. عدد الأقمار الموجودة في المدار الواحد:

أ. 4 مدارات موجودة في كل واحد منها (6) أقمار.
ب. 3 مدارات موجودة في كل واحد منها (4) أقمار.
ج. 6 مدارات موجودة في كل واحد منها (4) أقمار.
د. مدار واحد فيه 24 قمر.

73. الرسالة الملاحية التي يبثها القمر الصناعي تحتوي على:

أ. التصحيح لخطأ الساعة الذرية.
ب. صحة القمر الصناعي.
ج. مجسم الغلاف الجوي.
د. جميع ما ذكر صحيح.

74. من المبادئ المستخدمة في (GPS):

أ. التقاطع العكسي.
ب. مبدأ قياس المسافة بين القمر وجهاز الاستقبال.
ج. مبدأ التصحيح النسبي.
د. جميع ما ذكر صحيح.

75. في التقاطع العكسي يمكن حساب إحداثيات نقطة مجهولة بالوقوف عليها والرصد على:

أ. نقطتين معلومات الإحداثيات.
ب. التوجيه على نقطة واحدة معلومة الإحداثيات.
ج. ثلاث نقاط أو أكثر معلومة الإحداثيات.
د. جميع ما ذكر صحيح.

76. أجهزة قياس المعايرة (C/A) للمدى الكاذب تتصف ب:

أ. لا تحتاج إلى أي تجهيزات قبل عملية الرصيد.
ب. يستقبل (12) قناة من قنوات الاستقبال.
ج. دقة إحداثيات النقطة الموجودة عالية.
د. أجهزة كبيرة الحجم.

77. تتصف أجهزة قياس شفرة (C/A) لطور الموجة الحاملة بـ:

أ. مرتفعة الثمن.
ب. أجهزة صغيرة الحجم.
ج. لا تحتاج إلى تجهيزات قبل عملية الرصد.
د. دقة منخفضة.

انظمة المعلومات الجغرافية

81. تقسم دوائر العرض:

أ. 360 دائرة.
ب. 180 دائرة شمالاً، 180 دائرة جنوباً.
ج. 90 دائرة شمالاً، 90 جنوباً.
د. 45 دائرة شمالاً، 45 جنوباً.

82. واحدة من التالية تسمح بالمحافظة على التحام وتماسك المعالم:

أ. الطوبولوجية.
ب. العلاقات المكانية.
ج. (أ + ب) صحيحان.
د. المعلومات الوصفية.

83. واحدة من التالية ليست من خواص المعلومات الشبكية:

أ. تتطلب مساحة قليلة من التخزين.
ب. لا تتطلب جهد ووقت كبيرين للحصول عليها.
ج. تعتمد على حجم البكسل في الدقة.
د. المعدات والبرامج ذات تكلفة متوسطة نسبياً.

84. تعتبر المعلومات الخطية (Vector) والمعلومات الشيكية (Paster):

أ. متطلبات فنية.
ب. أساليب.
ج. معلومات مكانية.
د. معلومات وصفية.

85. الفرق بين البيانات والمعلومات في نظم المعلومات الجغرافية:

أ. البيانات هي المعاني المستنتجة من المعلومات.
ب. المعلومات هي المعاني المستنتجة من البيانات.
ج. البيانات والمعلومات تمثل نفس المعنى وكلاهما بحاجة إلى معالجة.
د. غير ذلك.

59. إذا كان البعد البؤري للعدسة 300 mm وارتفاع الطائرة عن سطح البحر 3000m والأرض المصورة تقع على مستوى سطح البحر إن مقياس الرسم لهذه الصورة:

أ. 1:5000.
ب. 1:10000.
ج. 1:3000.
د. 1:300.

60. تكون زاوية مجال الرؤية واسعة جداً Super – Wide Angle إذا كانت بين:

أ. 75o إلى 100o
ب. 60o إلى 75o
ج. 100o إلى 150o
د. 120o إلى 120o

أنظمة التوقيع العالمي

61. تستخدم الطريقة الثابتة Static Method في نظام GPS في أعمال:

أ. الملاحة.
ب. المساحة لها دقة منخفضة.
ج. المساحة التي تحتاج دقة عالية.
د. 120^0 إلى 125^0.

62. يتم حساب إحداثيات النقاط المجهولة باستخدام G.P.S من خلال الإشارات المستلمة من الأقمار الصناعية:

أ. غير معلومة الموقع.
ب. معلومة الموقع من مركز الكرة الأرضية.
ج. معلومة الموقع من مركز الأساس المجسم Ellipsoid المعرف بالنظام.
د. معلومة الموقع من مركز السيطرة.

63. واحدة مما يلي تعتبر أحد مصادر الأخطاء عند القياس بالأجهزة الالكترونية:

أ. تثبيت جهاز القياس أو العاكس فوق النقطة تماماً.
ب. ضعف البطارية أو عدم وصلها بالجهاز.
ج. عدم وجود عوائق على مسار القياس.
د. إجراء التصحيح الخاص بالحرارة والضغط.

64. إحدى التالية لا يمكن عملها بواسطة جهاز المحطة الشاملة:

أ. الزاوية الأفقية والرأسية.

ب. المسافة الأفقية والمسافة الرأسية.

ج. المسافة المائلة.

د. مساحة المضلعات المغلقة.

65. تعتبر قاعدة البوصلة Compass Rule إحدى الطرق المتبعة في:

أ. حساب الإحداثيات الرأسية.

ب. تعديل أو تصحيح شبكة المثلثات.

ج. حساب المناسب وفرق الارتفاع.

د. تعديل أو تصحيح مركبات الأضلاع في أعمال المضلعات.

66. العلاقة التي تربط طول المماس T مع نصف القطر R للمنحنى الدائري هي:

أ. $T = R \tan \frac{\Delta}{2}$.

ب. $T = R \tan \Delta$.

ج. $R = T \tan \frac{\Delta}{2}$.

د. $R = T \tan \Delta$.

67. العلاقة بين درجة المنحنى Dc (على أساس الوتر طوله 100 قدم) ونصف القطر R هي:

أ. $\sin Dc = \frac{100}{R}$.

ب. $\sin \frac{Dc}{2} = \frac{50}{R}$.

ج. $\sin \frac{Dc}{2} = \frac{100}{R}$.

د. $\sin \frac{Dc}{2} = \frac{200}{R}$.

68. يستخدم جامع المعلومات Data Collector مع جهاز المحطة الشاملة Total Station من أجل:

أ. رسم المخطط في الموقع.

ب. نقل المعلومات إلى دفتر الحقل.

ج. إجراء الحسابات في الموقع.

د. التسجيل الأوتوماتيكي.

69. في نظام GPS يفضل استقبال الإشارات من:

أ. قمر صناعي واحد.

ب. ستة أقمار صناعية على الأقل.

ج. قمرين صناعيين على الأقل.

د. أربعة أقمار صناعية على الأقل.

70. من عيوب النظام GPS:

أ. يصعب العمل به في مناطق الغابات والأشجار الكثيفة.

ب. متوفر في درجات مختلفة من الدقة.

ج. يحتاج إلى برامج التطبيقات المساحية.

د. لا يتأثر كثيراً بالعوامل الجوية.

71. واحدة مما يلي ليست من مصادر الأخطاء عند القياس بالأجهزة الالكترونية:

أ. عدم وجود عوائق على مسار القياس.

ب. عدم وصل البطارية بالجهاز.

ج. عدم قياس ارتفاع الجهاز وبالعكس.

د. عدم إجراء التعليمات الخاصة بالعوامل الجوية.

72. العلاقة التي تربط بين المسافة الخارجية External Distance E للمنحنى الدائري مع سهم القوس M "Middle ordinate" هي:

أ. $M = E/\cos \frac{\Delta}{2}$.

ب. $M = E \cos \frac{\Delta}{2}$.

ج. $M = E \cos \Delta$.

د. $M = 2 E \cos \frac{\Delta}{2}$.

73. من مكونات النظام الكوني (GPS) قطاع الفضاء The Space Segments ويتألف من:

أ. 12 قمر صناعي.
ب. 24 قمر صناعي.
ج. 16 قمر صناعي.
د. 22 قمر صناعي.

74. من الصفات الأساسية لأقمار النظام الكوني لتحديد الموقع (GPS) مداراتها دائرية الشكل وكل مدار يرتفع عن سطح الأرض بحوالي:

أ. 20200 كم.
ب. 150200كم.
ج. 10200 كم.
د. 120200كم.

75. إذا كان القمر الصناعي في وضع مسامت للموقع المراد تحديده فإن موجاته التي يبثها سوف تستغرق زمناً لا يزيد عن.... ثانية حتى تصل إلى الراصد:

أ. 0.08
ب. 0.04
ج. 0.02
د. 0.06

76. مـن الأجـزاء الرئيسـة لجهـاز تحديـد الموقـع (GPS) المسـتقبل Receiver ووظيفته هي تحليل ومعالجة الإشارة المستقبلة من القمر وتخزينها ويتكون من:

أ. قسم التردد اللاسلكي.
ب. مصدر طاقة.
ج. معالج دقيق.
د. كل ما ذكر.

77. واحدة مما يلي ليست من طرق الرصد الثابت (Static):

أ. رصد الشبكات الجيوديزية.
ب. شبكات المثلثات من الدرجة الأولى.
ج. رصد الخطوط الطويلة.
د. الشبكة الكنتورية.

61. أكثر الطبقات تأثيراً على الموجات المرسلة من القمر الصناعي هي:

أ. طبقة التروبوسفير.
ب. طبقة الابونوسفير.
ج. طبقة الأوزون.
د. لا يوجد تأثير إلى أي طبقة.

62. حركة الأقمار الصناعية تخضع لـ:

أ. مسارات دائرية.
ب. قوانين كيبلر.
ج. مسارات مستقيمة.
د. قوانين باسكال.

63. حركة الأقمار الصناعية تخضع لـ:

أ. 25000 كم (حوالي خمسة وعشرون ألف كيلومتر).
ب. 15000 كم (حوالي خمسة عشر ألف كيلومتر).
ج. 20200 كم (حوالي عشرون ألف ومائتين كيلومتر).
د. 15200 كم (حوالي خمسة شعر ألف ومائتين كيلو متر).

64. الرسالة المستقبلة من القمر الصناعي هي:

أ. 2 codes, L2, L3, Messages
ب. 2 codes, L1, L3, Messages
ج. 2 codes, L1, Messages
د. 2 codes, L2, L1 Messages

65. المحل الهندسي لرصد قمرين صناعيين فقط:

أ. النقطة تقع على دائرة تقع على تقاطع الكرتين.
ب. النقطة تقع خط مستقيم.
ج. النقطة تقع في منتصف المسافة بين القمرين الصناعيين.
د. لا شيء مما ذكر صحيح.

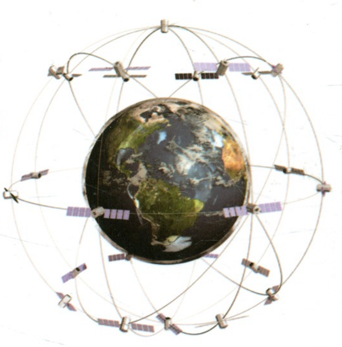
المصادر والمراجع

1. كتاب يوسف صيام (أصول المساحة).
2. الدكتور عمر البياري.
3. الدكتور بسام ملكاوي.
4. الدكتور سميح الرواشدة.
5. المنهاج السعودي القديم.

النظام الكوني لتحديد المواقع

Global Positioning System

GPS





الأردن-عمان -وسط البلد- ش. السلط - مجمع ... +962 6 4...
خلوي 5651920 79 962+ ص.ب ...244 ... الشرقي
الأردن - عمان - الجامعة الأردنية - ش. الملكة رانيا العبدالله - مقابل كلية الزراعة - مجمع زهدي حصوة التجاري
www.muj-arabi-pub.com
E-mail : info@muj-arabi-pub.com
moj_pub@yahoo.com





دار الإعصار العلمي للنشر والتوزيع
الاردن - عمان - مرج الحمام - شارع الكنيسة - مقابل كلية القدس
هاتف 0096265713906 فاكس 0096265713907
www.dar-aleasar.com